ELEMENTI

DI FISICA SPERIMENTALE

TOMO I.

Digitized by Google

ELEMENTI
DI FISICA SPERIMENTALE

COMPOSTI

PER USO DELLA REGIA UNIVERSITA'

DAL TENENTE COLONELLO

GIUSEPPE SAVERIO POLI

Presidente della Real Accademia Militare

GIA' ISTRUTTORE DI S. A. R.

IL PRINCIPE EREDITARIO
DELLE SICILIE;

Membro Brittanico della Società Reale di Londra
Socio dell' Accademia dell' Istituto di Bologna,
di Torino, di Verona, di Siena;
Pensionario della Real Accademia delle Scienze di Napoli ec.

EDIZIONE VENETA NOVISSIMA

Rinnovata, accresciuta, aggiunti dei nuovi trattati sulla respirazione, sulla traspirazione, sul galvinismo ec.

Corredata di Note dall'Autore e stampata in Napoli l'anno 1802.

TOMO I.

IN VENEZIA
1804.
Presso Giustino Pasquali q. Mario.
Con Privilegio.

Hominis sapientia est, ut neque te omnia scire putes, quod Dei est; neque omnia nescire, quod est pecudis. Est enim aliquod medium, quod sit hominis; idest SCIENTIA CUM IGNORATIONE CONJUNCTA, ET TEMPERATA.

Lactant. Div. Instit. Lib. III. Cap. VI.

B 12. 2. 730

PREFAZIONE.

Riflettendo talvolta meco stesso intorno alla condizion di coloro, i quali trovansi obbligati a scrivere gl' Istituti di qualunque Scienza, sono stato sempre di opinione esser quella estremamente critica, e svantaggiosa. Non vi ha cosa più facile, quanto il ritrovar di quegli, che vi appongon la taccia di esser troppo concisi, e di non contener altro, se non che un ordinato elenco di proposizioni, qualor l' Autore si limita rigorosamente alle cose necessarie soltanto, con quella brevità, che un Istituto richiede; oppur che gli reputano troppo lunghi, e diffusi, nel caso che lo Scrittore abbia avuto in mente di sviluppar le dottrine in modo, che riescano intelligibili senza molta fatica. Per la qual cosa, lungi io dal lusingarmi di avere scritto in maniera questi Elementi di Fisica Sperimentale, che debba rendermi favorevole il giudizio di ognuno, dirò unicamente di avere adoperata una particolar diligenza, ed attenzione, per far sì, che i medesimi non riuscissero nè tanto brevi, che pa-

rer potessero troppo secchi, nè tanto estesi, che dar potessero motivo di taccia per la parte opposta. Ond'è, che non lasciando giammai di mira una certa discreta brevità, che necessariamente serbar si dee in Opere di tal natura, ho fatto tutti gli sforzi possibili per isviluppar le dottrine in essi contenute fino ad un segno, che riuscir potessero di facilissima intelligenza, e convenientemente adattate alla capacità di tutti coloro, che ne dovranno far uso. E poichè la maggior parte dei medesimi non sogliono avere studiato, se non se i primi Elementi della Geometria; mi sono attenuto al partito di non far uso neppur dei segni algebraici: tantovieppiù, perchè dovendo ciascheduno di essi, in vigore di R. Ordine, dar conto esatto delle dottrine contenute in questa Opera, come un requisito necessario per esser promossi al dottorato di Medicina; mi è convenuto necessariamente di usare un liguaggio, che fosse intelligibile a tutti. Pel qual riflesso mi sono affaticato eziandio a *ridurre le dimostrazioni alla maggiore semplicità possibile; tralasciando quelle, che di lor natura eran troppo complicate, ed*

astruse. Le Teorie (su di cui mi sono principalmente dilungato, per esser elleno in realtà la parte scientifica dell' Opera) saranno regolarmente confermate per via di esperimenti, i quali non solamente autenticano, diciam così, ed assodano le verità specolative, ma le imprimono nel tempo stesso così vivamente negli animi dei giovani allievi, che difficilmente si cancellano per forza di tempo. La vantaggiosa opportunità, che hanno quì i giovani di osservare una bella serie di Macchine, ed i loro usi, mi han fatto riputare inutile il descriverle, e l'entrare in un minuto dettaglio circa la maniera, onde gli esperimenti si debbono praticare: cosa, che riesce, per verità, sommamente nojosa, e ristucchevole, siccome avranno sperimentato coloro, che si son messi a leggere il corso di Fisica dell' abate Nollet. Per la qual cosa ho giudicato conveniente l' accennar soltanto quelle parti delle Macchine, che conducono alla intelligenza dei rispettivi esperimenti; potendosi supplire al resto mercè l' ispezione delle Figure. In simil guisa il dettaglio degli esperimenti divisati si è ridotto unicamente al puro necessa-

rio, talchè si possano dalla lettura di essi rilevar nettamente le pruove delle verità, che gli riguardano: ciocchè dà benanche un vantaggio a coloro, che non essendo provveduti di Macchine, e non ritrovandosi in circostanze di poter assistere al corso, che dassi annualmente in questa Università, vorranno essere istrutti intorno alle cose contenute in quest' Opera.

Avendo costantemente in mira il profitto dei giovani; ogni volta che mi si è presentata l' opportunità, ho cercato sempre di additare gli usi delle dottrine le più interessanti, affinchè si possano quelle applicare ai casi pratici; o almeno per poterne ritrar dei lumi, che riuscir potessero profittevoli nelle varie occorrenze della vita: ciocchè costituir dee lo scopo di tutti coloro, i quali si pregiano di essere effettivamente interessati pel bene dell' uman Genere, e di poter rendere degli efficaci servigj ai loro simili. Oltreachè non ho tralasciato di rapportarvi tutte le nuove scoperte, e specialmente quelle, che riuscir possono più profittevoli a noi; quali sono, per esempio, le scoperte relative alla Elettricità, ed ai suoi usi nella guarigione di parecchie ma-

lattie: ciocchè si tiene comunemente in un totale discredito, ma poi si pratica oggigiorno con molta felicità in Inghilterra, con aver cambiato l'antico metodo di applicarla. Di questo genere sono benanche le scoperte, che riguardano l'aria infiammabile, fissa, nitrosa, ed altre arie fattizie d'indole simigliante; come altresì le osservazioni praticate relativamente al calore animale, al magnetismo animale, e ad altre materie di gran rilievo. E finalmente ho adoperata una cura speciale per far sì, che ciascuno rilevar potesse, per così dire, a colpo di occhio, quali sieno le verità dimostrate, e quali le ipotetiche, ossia fondate unicamente su di pure conghietture; senza dissimulare, che intorno a parecchi punti, nei cui recessi non è ancora giunto a penetrare, ad onta dei più valevoli sforzi, l'umano intelletto, ci troviamo del tutto privi di lumi, e perciò abbandonati intieramente nelle tenebre della incertezza.

Mi son creduto in obbligo nel tempo stesso di seguire un metodo tale in tutto il corso dell'Opera, che si potessero render manifesti a ciascuno quei principj, d'onde le respettive verità immediatamen-

te derivano, talchè scorger si potesse a chiaro lume quella stretta, e meravigliosa connessione, cui serbano scambievolmente nei varj punti di vista le cagioni, e gli effetti; e quindi rilevare, che questi, comecchè innumerabili, e quasi infiniti, vengono tuttavolta originati da un picciolo, e determinato numero di cagioni; le quali quantunque regolate sempre da poche leggi economicamente stabilite da una infinita, ed imperscrutabile Sapienza, variano però in mille guise, per forza di modificazioni, i loro meravigliosi lavori. Non vi ha cosa, a parer mio, la quale sia sufficiente a destare in noi i più vivi sentimenti di stupore, e di ammirazione pel sapientissimo Architetto della grande opera della Creazione, quanto il meditare un poco sulla prodigiosa semplicità, ed economia, con cui vedesi governato il general Sistema dell' Universo.

I continui, ed efficaci sforzi dei gran Filosofi dei nostri tempi per poter penetrare più addentro nella conoscenza della Natura, rendendo questa Opera suscettibile di tratto in tratto di nuovi accrescimenti, e di maggior perfezione, valgo-

mi volentieri della occasione, che presentami il rapido spaccio delle quattro edizioni antecedenti, per arricchir questa quinta delle più interessanti scoperte fattesi di recente su di varie materie, e per illustrare maggiormente le dottrine, ch' eran già note (non risparmiando neppur l' aggiunta di alcune Figure), ad oggetto che i giovanetti acquistar possano le cognizioni più complete, che sia possibile, intorno a questa Scienza.

Non sembri strano il veder inserito il Saggio di Astronomia, e 'l Trattato su 'l Flusso, e Riflusso del mare; nel primo Volume di questa Opera, ove si ragiona unicamente della Fisica generale; poichè ciò facendo, non solo ho creduto di legarli immediatamente, come ho già dichiarato, colle dottrine delle forze centrali, da cui essi hanno una grandissima dipendenza; e perciò di renderli pienamente intelligibili ai giovani allievi; ma ho giudicato benanche di render nel tempo stesso amena, e dilettevole quella parte della Fisica, cui la mancanza di mostrarne contemporaneamente ai giovani stessi la preziosa utilità, e le vantaggiose conseguenze, alle quali apre la strada,

da, fa loro riguardare come poco interessante, anzi dell' intutto ristucchevole.

Queste son quelle cose, che ho sempre avuto presenti allo spirito, durante il tempo, che ho scritto questi Elementi di Fisica. Se sarò ben riuscito nella mia intrapresa, potrò riputarmi fortunatissimo: in caso contrario, rammento a chiunque esaminerà questa mia fatica, che basta l' esser uomo per far sì, che si possan commetter dei falli; sia per mancanza di cognizione circa le cose, su cui si versa l' argomento; sia per aver giudicato male su di ciò, che non s' ignora; sia finalmente per non avere espresso come conveniva, le verità già sapute, ed i più retti giudizj.

AVVERTIMENTO
DELL' AUTORE

Per questa nuova Edizione.

Ecco la quinta Edizione di questi Elementi di Fisica sperimentale, che si è dovuto intraprendere a motivo del rapido spaccio delle quattro Edizioni antecedenti, oltre a quella, che fu fatta in Venezia. Questa nuova Edizione è così rinnovata, ed accresciuta, che l' Opera può riputarsi affatto nuova. Sono in essa inserite le recenti scoperte in materia di Fisica fino al giorno di oggi: vi si sono aggiunti dei nuovi Trattati, sulla Respirazione, sulla Traspirazione, sul Galvanismo, ch' è ora divenuto interessante ec.; oltre alle tante aggiunte, che vi ho fatto in tutti i Trattati della Edizion precedente. L' ho poi corredata di molte mie Annotazioni, per rischiarar maggiormente alcuni punti, come altresì di molte nuove Figure, e di alcune nuove Tavole.

Nell' Anno 1792, quando io pubblicai la quarta Edizione di quest' Opera, la nuova Teoria pneumatica era quasi nascente, contradetta da molti uomini illustri, abbracciata da pochi. Stimai dunque prudenza di farne soltanto menzione, non tralasciando nel tempo stesso di accennarne i pregi, e le buone speranze, e di non proporre ai Giovani una Teoria ancora dubbiosa, abbandonando quella, ch' era stata generalmen-

mente adottata per tanti anni da tutte le scuole. Per la qual cosa dovea immancabilmente accadere, che l' Editore Veneto nel ristampare la mia Opera con apporvi nelle sue annotazioni la nuova Teoria, dovesse ritrovarsi meco in un continuo conflitto, perciocchè tenevamo due strade del tutto opposte. Potea ben egli però condur la cosa altrimenti, e non modellar le sue Note in guisa che i giovani potessero credere, che le nozioni da me esposte su tal particolare, fossero errori miei proprj, ed inventati dalla mia testa. Dovea egli ben rammentarsi, che quelle tali dottrine eransi insegnate pochi anni prima da Bergman, da Macquer, da Fourcroy, da Berthollet, da Kirwan, da Black, da Priostley, da Cavendish, e da tutti i chimici moderni più illustri di ogni Nazione, e che lo stesso Lavoisier, ed egli medesimo il dotto autor delle note suddette, aveano adottate, insegnate, e sostenute fino quasi a quell' epoca, dimanierachè se il mio libro fosse stato pubblicato pochi anni prima, si sarebbe applaudito a quelle tali dottrine, contro di cui si è poi tanto declamato.

Ora che i fatti, e gli esperimenti favorevoli alla mentovata nuova Teoria si sono moltiplicati, e ch' ella è stata adottata dai chimici più insigni, comechè non si tralasci tuttavia di produrre delle obbiezioni non dispregevoli su certi punti di essa, mi son fatto un dovere di esporla anche io in tutta la sua estensione, per quanto mi è stato permesso dalla brevità di una Instituzione, e dichiararla in modo, che per intenderla pienamente, non faccia d' uopo di ricor-

re-

tere a Dizionarj, nè a Trattati particolari di Chimica.

Non ho giudicato però opportuno di adoperare in questa Opera dimostrazioni analitiche, per le due fortissime ragioni da me esposte nella prima mia prefazione. La prima ragione si è, ch' essendo questo un corso elementare di fisica sperimentale, ripugna assolutamente l' intralciarlo con dimostrazioni algebraiche, le quali sono proprie della fisica matematica, che in tutte le Università ben regolate suole insegnarsi da un professore particolare. La fisica sperimentale è fondata specialmente sulla forza degli esperimenti, dal cui risultato derivan poi le verità, e le fisiche leggi. L' adornarla di brevi dimostrazioni, quando non sieno astruse di lor natura, e adattate alla capacità dei giovanetti, che per lo più non sogliono avere appreso, che i primi elementi della Geometria, è certamente cosa lodevolissima, ed accresce il pregio dell' Opera: ciocchè non ho tralasciato di fare.

In secondo luogo il far uso dell' analisi distruggerebbe intieramente il fine, che mi proposi fin da prima nel formare questa Opera; il qual fine è quello di rendere le dottrine in essa contenute, di facilissima intelligenza, e convenientemente adattate alla capacità di tutti coloro, che ne dovranno far uso; ond' è, che togliendo da per tutto il velo del mistero, e finanche l' uso dei segni analitici, ho dovuto necessariamente usare di un linguaggio, che fosse intelligibile a tutti. E a dir vero, egli è cosa indubitata, che fra il numero grandissimo

dei

dei Giovani addetti allo studio della Fisica sperimentale, pochissimi sono quelli, che trovansi innoltrati negli studj matematici. Per la qual cosa ho giudicato opportuno di tralasciare all' intutto le dimostrazioni analitiche, e di arricchire l' Opera di nuove dottrine interessanti, e confacenti nel tempo stesso allo scopo, che mi era prefisso; se non che in parecchi luoghi, ove si è stimato necessario, si sono aggiunte le dimostrazioni geometriche, che taluno avrebbe potuto desiderare, facendo sì, che le medesime, come si è detto, riuscissero intelligibili a tutti coloro, che si applicano allo studio della Fisica sperimentale. Chi desidera di applicarsi allo studio della Fisica matematica, non dee far uso di Opere di questa natura, ma convien che ricorra a quelle di Newton, di Wolfio, di Bernoulli, di Eulero, di d' Alembert, e ad altre simiglianti, di cui è molto doviziosa la Repubblica letteraria.

LEZIONE I.

Sulla Materia in generale.

ARTICOLO I.

Dell' Esistenza, della Natura, e delle Proprietà della Materia.

1. L'oggetto delle Scienza della Fisica, che direbbesi altrimenti *Scienza della Natura*, è tuttocciò, che vi ha di sensibile nel vasto Teatro dell'Universo; nel cui esame non ristrignesi ella soltanto alla considerazione degli effetti, e dei fenomeni, ma si sforza benanche, per quanto è possibile, di rintracciar le cagioni, che gli producono. E' cosa inutile il porsi ad investigar seriamente per via di raziocinj, se coteste materiali sostanze, che colpiscono i nostri sensi di continuo, ed in varie guise, abbiano o no realmente la loro esistenza. Se l'interna nostra coscienza ce ne rende oltremodo sicuri; e se il nostro intelletto, ad onta dei maggiori sforzi possibili, non può concepire, se non se materia; perchè mai affannar ci dobbiamo a volerlo poi matematicamente dimostrare, quasichè l'esistenza della materia svanisse, per non aver noi dei mezzi da poterne convincere gli altri?

2. Se la *natura*, o vogliam dire *l'essenza* di cotesta materia, ci si potesse render nota in qualunque modo, sarebbe essa l'oggetto interessantissimo delle prime ricerche del Fisico. Ma poichè avvolta ella tra dense, e folte tenebre, par che abbia finora delusi i più gravi sforzi degl'ingegni più perspicaci, uopo è riguardare le differenti opinioni dei filosofi su di tal punto come puramente vaghe, e immaginarie; e quindi tener per fermo, che l'idea, che si ha della materia, è del tutto imperfetta.

3. Questa verità si rende più soda, e più evidente col riflettere, che non solamente siamo all'oscuro su ciò, che riguarda l'essenza della materia, ma vi ha

eziandio ragion di credere, che forse non ci sono conosciute tutte le sue proprietà. Difatti prima che Newton ne avesse suggerite le pruove, era un semplice sospetto, venuto a cognizione di pochi, che l'attrazione convenisse generalmente a tutti i corpi. Ed ora chi mai ci può assicurare, che non abbiano i medesimi altre proprietà a noi ignote?

4. Forza è ripartire in due classi le proprietà della materia a noi conosciute; comprendendo nella prima tutte quelle, che sono inseparabili dai corpi, e che sono sempre le medesime in qualunque luogo, in qualunque tempo, ed in qualsivoglia circostanza; laddove la seconda abbraccia tutte quelle altre, che non competono ai corpi, se non se per accidente, dimodochè la loro privazione non porta seco la distruzione di quelli. Nella prima classe si annoverano l'*Estensione*, la *Solidità*, o vogliam dire *Impenetrabilità*, la *Figurabilità*, la *Mobilità*, l'*Inerzia*, ed altre tali. Alla seconda si appartengono il colore; l'esser freddo, o caldo; la fluidità, o la durezza; l'esser levigato, o scabroso; l'esser sonoro, odoroso, opaco, luminoso, ed infinite altre proprietà simili a queste; le quali ognun vede, che possono variare a norma delle circostanze. Per lo contrario non vi ha corpo in Natura, che non sia sempre esteso; ond'è, che Renato delle Carte riguardò l'estensione come l'essenza della materia, confondendo l'idea del corpo fisico con quella del corpo matematico. Similmente non vi ha corpo nell' Universo, che non sia solido; che val quanto dire, che non resista al tatto, e non impedisca un altro corpo di occupare il suo luogo nel tempo stesso. Quindi Gassendo considerò l'essenza del corpo riposta in questo attributo; non accorgendosi, che non possono dal medesimo derivare tutti gli altri, i quali come aderenti, dirò così, all'essenza, debbono necessariamente derivare da quella. Procedendo oltre in simil guisa, non si troverà un corpo, che non abbia una qualche figura; che non sia atto al moto, quantunque non si muova attualmente; che non sia divisibile in parti, di cui si compone; e finalmente che non sia *inerte*.

5. La conoscenza di tutte le rammentate proprietà della materia è derivata unicamente dalla esperienza: e poi-

è poichè non vi ha corpo, su cui si possono istituire gli esperimenti, il quale non sia fornito di siffatte proprietà; ragion vuole, che le medesime si reputino comuni anche a quei corpi, che non si possono assoggettare ad un tale cimento, e conseguentemente che si riguardino come universali della materia.

ARTICOLO II.

Dell' Estensione, e quindi della Divisibilità della Materia in un prodigioso numero di parti; e della natura delle medesime, considerate come elementi dei corpi.

6. La prima proprietà, che si presentano i corpi, qualor gettiamo su di essi lo sguardo, è la loro *Estensione* in lunghezza, larghezza, e profondità, su di cui assegnar si possono varj punti, gli uni distinti dagli altri. Siam da ciò agevolmente indotti a concepire di esser eglino atti a poter esser separati in alcun modo; e quindi ne deriva l'idea della divisibilità dei corpi, e della loro figura; conciossiachè non estendendosi essi all'infinito, forza è che abbiano alcuni determinati limiti, dai quali poscia la figura risulta. Per poco che si voglia riflettere sulle proprietà; che ha la materia di poter esser divisa in parti, nasce tosto la curiosità di sapere i limiti di una tal divisione. Non è agevole però il rimanerne soddisfatto. Se la cosa vogliasi esaminare matematicamente, si troveranno delle dimostrazioni per provare, che la materia è divisibile all'infinito. Basterà il rapportar quì la seguente, ch'è molto decisiva. Suppongasi, che una particella qualunque di materia venga espressa dalla linea A B. Per le sue estremità A, e B, si facciano passare due rette C D, E F, paralelle tra di loro, prolungate all'infinito. Se nella retta B F si prenda qualsivoglia numero di parti finite; e da un punto, come H, preso tra A, e C, si tirino altrettante linee rette ai varj punti di divisione; coteste rette segheranno la particella A B in un numero di parti ad esse corrispondente. Ciò non ostante però, per quanto grande vogliasi prendere siffatto numero, non si potrà giammai segare tutta la linea A B; im- Tav. I. Fig. 1.

perciocchè essendo le due rette C D, E F, tra se paralelle; non si potrà giammai dal punto H tirare una retta a qualunque punto di divisione assegnabile in B F, la quale vada a coincidere colla retta C D; e per conseguenza ci resterà sempre una porzione di A B tra A, ed O, che non mai si potrà finir di dividere, sia quanto si voglia immenso il numero dei punti presi in B F d'onde si rileva ad evidenza esserci nella particella A B un numero infinito di parti.

7. Volendosi d'altronde porre al cimento l'immaginazione; sebbene possa questa concepire le più picciole particelle come dotate di una picciolissima estensione, e perciò capaci di poter esser divise sempreppiù in altre parti; pure, giunta che sia ad un certo segno, si smarrisce finalmente, e si confonde: le facoltà del nostro intelletto sono del tutto limitate; e ci troviam tanto imbarazzati nel concepire cento milioni di particelle in uñ granello di sabbia, quanto lo siamo nel volerci formar l'idea dell'estensione immensa dell'intiero Universo. Lasciamo dunque da parte le dimensioni astratte, che fan l'oggetto della Matematica; e non c'imbarazziamo coi voli della immaginazione, che ci faran sempre rimanere nella incertezza; ma osserviamo quello, che la Natura, e l'Arte ci offrono in realtà su di tal punto; conciossiachè quantunque siffatti lumi non decidano, se il campo assegnato alla rapportata divisione si estenda all'infinito, nulladimeno ci mostrano ad evidenza, che la materia è capace di esser divisa in un numero di parti così immenso, che giugne fino a stancare la più vivace immaginazione.

8. Se in una notte serena pongasi a cielo aperto una candela accesa, diffonderà questa tanta luce, che si potrà agevolmente scorgere fino alla distanza di due miglia, ossia di 10 mila piedi tutto all'intorno. Egli è noto presso dei Matematici, che uno spazio sferico, che abbia il semidiametro di 10 mila piedi, in se contiene 4 bilioni, 190 mila, 400, e più milioni di piedi cubici. Per via di un agevole sperimento si può rilevar di leggieri, che una candela di sego di sei a libbra può continuare a bruciare per lo spazio di cinque ore, e quindi che nello spazio di un secondo viene a consumarsi $\frac{1}{1\frac{1}{4}}$ parte di un grano di sego. Che però

egli

egli è chiaro, che le particelle di luce sviluppate da $\frac{1}{12}$ di un granello di sego, illuminano uno spazio sferico, che in se contiene 4 bilioni, 190 mila, 400, e più milioni di piedi cubici, per lo continuato intervallo di un secondo. Ciocchè, a dir vero, ci fa rilevare, che la picciolezza delle particelle della materia è immensa a segno tale, che supera di molto la forza della nostra immaginazione, la quale resterà viemaggiormente imbarazzata, e confusa dal riflettere, che essendo la luce lanciata dai corpi luminosi con una indicibile celerità; l'anzidetto spazio sferico viene ad esser riempiuto più migliaja di volte nell'intervallo di un secondo da quella luce, che si sviluppa da $\frac{1}{12}$ di un granello di sego.

9. E giacchè si ragiona di luce, si può dar mai argomento più convincente a prò dell'enorme divisibilità della materia, di quello che si ricava dal forare una carta colla punta di un finissimo ago? Collocandoci in un luogo aperto, e adattando destramente l'occhio al mentovato bucolino, ci si renderà visibile una buona parte del celeste emisfero. Per quanto suppor si voglia vivace la nostra immaginazione, chi mai potrà comprender col pensiero, oppur chi mai non ismarrirassi al solo tentar di considerare l'infinito numero di particelle di luce, le quali spiccate da ogni punto visibile del firmamento, uopo è che si facciano strada attraverso di quel foro per internarcisi nell'occhio, e quindi renderci sensibili tutti siffatti punti? Quale abisso di stupore non ci si para dinanzi al solo riflettere, che tutti quegl'infiniti raggi debbono raccorsi nel tempo stesso nel picciolissimo spazio contenuto in quel foro! Qual mai adunque esser dee la loro sottigliezza, e quanto ancor più esili le particelle, onde essi son composti!

10. Oltreachè è noto ai Fisici l'esperimento del Boyle, praticato con un'oncia di acqua messa a bollire dentro di un picciol globo di rame guernito di un sottilissimo orifizio. Tostochè il vapore dell'acqua rarefatta incominciò a scappar fuori pel l'orifizio medesimo, formò una spezie di piramide, che occupava lo spazio di circa 32 pollici cubici, e che continuò ad uscire dal globo per l'intetvallo di 18, oppur 20 minuti. Or supponghiamo, per render la cosa più agevole ad immaginarsi, che l'orifizio, onde usciva la mentovata piramide di

vapore, si fosse rivolto ad un diverso punto in ogni secondo di tempo: è cosa indubitata, che nello spazio degli anzidetti 18 minuti, che uguagliano 1080 secondi; sortirono dal globo di rame 1080 differenti piramidi di vapore; ciascuna delle quali essendo uguale, come si è detto, a 32 pollici cubici, ne siegue, che l'accennata oncia di acqua ridotta in vapore, occupò lo spazio 1080 volte 32, ossia di 34560 pollici cubici. Consideriamo ora, che la lunghezza di un pollice si può da un buon Artefice dividere agevolmente in cento parti visibili ad occhio nudo; e saremo sicuri, che a tenore di questa moderata supposizione, vi sarà in ogni pollice cubico un milione di particelle visibili; dal che ne siegue, che l'oncia di acqua, uguale a poco men di un pollice cubico, fu divisa in forza della rarefazione in 34560 milioni di particelle.

11. Volendo provare questa verità con calcoli assai più determinati, non si ha a far altro, che riflettere, che i battitori di oro possono distendere un grano di un tal metallo sino a farnarne una foglia, che occupi lo spazio di cinquanta pollici quadrati. Richiamando alla memoria il fatto avvanzato dianzi; cioè a dire, che la lunghezza di un pollice può dividersi agevolmente coll'arte in 100 parti visibili ad occhio nudo; si troverà, che ogni pollice quadrato dell'anzidetta foglia di oro si può dividere in diecimila parti, che sono il quadrato di 100. Che però moltiplicando diecimila per 50, che è il numero dei pollici quadrati, che vengono occupati dalla foglia d'oro, si vedrà, che cotesta foglia, e conseguentemente il grano d'oro, da cui si è formata, si può da un Artefice dividere in 500 mila parti visibili ad occhio nudo. E' tale poi la sottigliezza; a cui si riducono coteste foglie, che quantunque se ne ponessero 124 mila, e 500 l'una sopra l'altra, e quindi si comprimessero fortemente, non formerebbero una spessezza maggiore di un pollice.

12. Il risultato dei fatti rapportati in ultimo luogo si renderà veramente prodigioso mercè la semplice ispezione del coltello spirale di Cumming. E' questo uno stromento atto a dividere i piccioli ramuscelli, o virgulti di qualunque pianta in lamine trasversali finissime, talchè rendansi del tutto trasparenti, e da po-

ter-

tersene scorgere la tessitura col mezzo del microscopio. Chi volesse acquistarne l'idea volga lo sguardo alla Figura prima della Tavola V, ove lo vedrà rappresentato da A B, ch'è propriamente un cilindro di avorio di circa 4 pollici di lunghezza, e di tre pollici di diametro. Il coltello spirale C D di finissimo acciajo giace su 'l piano superiore E E di esso cilindro, su 'l cui mezzo essendo egli fissato mediante un pernio, si può liberamente girare per via del manubrio F, e produr così su tal piano lo stesso effetto, che ivi produrrebbe lo strisciar di una pialla. La cavità triangolare G è atta a ricevere un picciolo virgulto di legno I, che col mezzo della vite M, che penetra in siffatta cavità, si assoda nella situazione, in cui dee rimanere; e la cui base appoggiata sulla cima superiore di una vite H, internata nella mentovata cavità G, può essere abbassata, ovver rialzata mercè il movimento di cotal vite. Adattato che sia il virgulto, che vuolsi tagliare, nella cavità triangolare G, un solo giro del coltello spirale lo reciderà in modo, che porrà la sua superficie esattamente allo stesso livello del piano di avorio E E. Or vuolsi sapere, che la vite H fa quivi l'uffizio di Micrometto; vale a dire, che nell'atto, che solleva insensibilmente in alto il virgulto anzidetto, è guernita dell'indice X, il quale dimostra di quante centesime, oppur millesime parti di pollice, lo innalza al di sopra del piano E E, sicchè poi mediante il giro del coltello spirale, che fa l'uffizio di pialla, come si è detto, se ne possa recidere una fettolina di quella determinata sottigliezza, rappresentata quì dalla lettera K, secondo che apparisce nel Microscopio. Il coltello, di cui mi servo nei miei sperimenti, divide la lunghezza di un pollice di qualunque legname in mille lamine diverse, o anche in numero minore da determinarsi mercè del Micrometro, che gli è annesso: ma il Signor Cumming me ne mostrò alcuni in Londra, che tagliavano sin la $\frac{1}{2}\frac{1}{0}\frac{1}{0}\frac{1}{0}$ parte di un pollice. Che però se in vece di supporre, che la lunghezza di un pollice può dividersi in 100 parti visibili ad occhio nudo, siccome abbiam supposto nei fatti rammentati (§. 10, e 11), si finga divisibile in duemila particelle, siccome si può in fatti praticare; si troverà, che il grano d'oro si può attual-

Tav. V. Fig. 1.

mente dividere in 200 milioni di parti visibili, e il pollice cubico di acqua in assai più di 200 bilioni di particelle, riducendo il calcolo a numeri rotondi.

13. L'immensa duttilità dell'oro ci somministra su tal proposito un altro fatto ugualmente portentoso; leggendosi nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Parigi, che da un'oncia di oro può formarsene un filo, che abbia la lunghezza di 73 leghe, ossia di 182 miglia e mezzo d'Italia. Se ogni pollice di cotesto filo si concepisca diviso in 2 mila parti visibili, chi mai potrà concepire col pensiero il numero immenso di particelle d'oro, che troverebbonsi in un filo della lunghezza di 182 miglia, e mezzo, e conseguentemente in una sola oncia di oro?

14. I curiosi e diligenti osservatori delle cose naturali sono giunti a scuoprire mercè l'ajuto di ottimi Microscopj, che una fibra muscolare, larga $\frac{1}{24}$ di pollice, ossia mezza linea, si può facilmente dividere in 600 fibrelline, ciascheduna delle quali è capace di esser separata per via di ulterior diligenza, e fatica, in altre 300; che val quanto dire, che in una fibra larga mezza linea, se ne possono francamente ravvisare altre 180 mila assai più dilicate, e minute; e quindi 4 milioni, 320 mila in una fibra muscolare della larghezza di 12 linee, o vogliam dire di un pollice. Considerando poi, che ciascheduna di tali fibrelline aver dee delle cavità, e dei canali appropriati a ricevere l'umore, che la nudrisce, chi non vede quanto più esile esser dee il diametro di siffatti canali, e quanto ancora più minuto quello delle particelle dei fluidi, che vi debbono scorrer per dentro! Ed in fatti i due celebri osservatori microscopici Leeuwenhoek, e Jurin convengono nell'affermare, in conseguenza delle più accurate osservazioni, che il diametro di una delle particelle rosse del sangue umano non uguaglia, se non se $\frac{1}{1\,9\,4\,0}$ parte della lunghezza di un pollice; e che se ne richiederebbero 25 mila per uguagliare in grossezza un granello di sabbia. Che però se egli è certo, che per avere la superficie di una delle facce quadrate di un cubo convien moltiplicare un dei suoi lati per se stesso; e quindi la detta superficie già ritrovata pel lato medesimo,

per

per ottenerne la solidità ; essendo necessario, a tenore delle misure testè dichiarate, di porre in serie 1940 particelle di sangue per formare la lunghezza di un pollice ; dee necessariamente seguirne, che un cubo di un pollice di diametro sarebbe capace di contenere 7301 milione, 384 mila particelle di sangue. Or chi mai oserà di cimentare le forze del suo spirito per poter rappresentare alla sua immaginazione l'immenso numero di parti, che esistono realmente in tutti i muscoli, i nervi, le membrane, le ossa del corpo di un uomo, ugualmente che negli umori, onde essi ricevono e vita, e nudrimento? Oh che abisso di confusione! Qual vasto pelago di meraviglie!

15. Egli è similmente noto per via di osservazioni praticate colla massima accuratezza, che un bozzolo di filugello, formato, come ognun sa, da una sostanza glutinosa, che passando per una spezie di doppia filiera collocata sotto la bocca del baco, acquista poi col contatto dell'aria la consistenza della seta; si può agevolmente svolgere per trarne un filo della lunghezza di circa mille piedi (che riescono poscia effettivamente duemila, per essere il filo naturalmente raddoppiato), e del peso di due grani, e mezzo. Che però quando anche non si volesse tener conto della sua larghezza, la quale è certamente divisibile in più parti, pure assegnando a ciascun pollice di esso duemila particelle (§. 12), si troverà di potersi egli realmente dividere in 48 millioni di parti, non ostante che il suo peso non superi due grani e mezzo, come si è già dichiarato. Che direm poi di quei finissimi fili formati dall'umor glutinoso, solito a scaturire da cinque differenti capezzoli, collocati nella coda di un ragno adulto, e dai quali poscia condensati al contatto dell'aria formasi un filo dell'ordinaria lor tela? Rapporta Leeuwenhoek di esser eglino dilicati al segno, che se ne richiederebbero diecimila per uguagliar la grossezza di un pelo della sua barba. Soggiugne quindi di aver rilevato ulteriormente per via di calcoli, che per uguagliar la grossezza di un solo dei mentovati fili converrebbe unire insieme in un fascio 400 di quelli, che vengon filati di ordinario dai ragni giovinetti; dal che chiaramente si deduce, che farebbe mestieri di af-

fal-

faldellare quattro milioni di cotesti fili per poter uguagliare la doppiezza di un sol pelo.

16. Vi ha una spezie di fungo assai comune presso di noi, detto da Linneo *Lycoperdon Bovista*, il quale essendo conformato a guisa di una palla, contiene in se una grandissima copia di finissima polve, leggiera qual fumo, e molto simiglianie, anche nel colore, al tabacco di Spagna. Osservata col Microscopio, scorgesi essere un aggregato di globetti di color di arancio, esili al segno, che il loro diametro non oltrepassa $\frac{1}{5}\frac{1}{0}$ parte del diametro di un capello; onde è, che un cubo, la cui larghezza adeguasse il diametro di un sol capello, sarebbe capace di contenerne 125 mila.

17. Finalmente, tralasciando, di rapportare quì un gran numero di esperimenti praticati da Boyle, Leeuwenhoek, Keill, ed altri, che chiaramente dimostrano la verità, di cui si ragiona, mi contenterò di dire, che la medesima vien provata ad evidenza da quelle tali sostanze, quali sarebbero il muschio; l'ambra grigia, l'assa fetida, ed altre simiglianti, da cui esala una quantità di particelle odorose così immensa, che giugne ad infettare vasti edifizj per lo spazio di più anni, senza che le sostanze medesime scemino per avventura sensibilmente di peso. Oltreachè un granello di rame, che sciolto nello spirito di sale ammoniaco, tinge sensibilmente di color blù 28434 grani di acqua, ci fa scorgere mercè di un calcolo agevolissimo, di essersi egli diviso in 100 milioni di parti visibili. Qual enorme picciolezza non doveano avere le particelle componenti i piccioli vasellini di quegli esilissimi insetti, osservati col Microscopio dal diligente Leeuwenhoek, più milioni dei quali uniti insieme appena uguagliavano un granello di sabbia?

18. Il giugner tant'oltre nell'esame di una tal quistione dee certamente soddisfare un Fisico, che non cerca di sapere altre verità di ordine naturale, se non quelle, che gli vengono suggerite dai fatti, senza cercar poi di rintracciare coll'immaginazione, quali sieno i primi componenti dei corpi, e se i medesimi sieno o no capaci di esser divisi; conciosiachè siffatte ricerche superando del tutto le forze del nostro intelletto, ci

fan

fan perdere in vano il tempo, e la fatica, per esser finalmente abbandonati in una insuperabile oscurità. E a dir vero, chi non riderebbe in iscorgere il gran Renato delle Carte, porre a tortura il suo cervello per istabilire quali sieno i primi elementi dei corpi, e come sia stato da quelli composto l'Universo, quasichè fosse egli stato a fianco dell'Altissimo nei giorni della stupenda creazione? Immagina egli, che ad un immenso masso di materia omogenea, creata, e divisa dalla mano dell'Onnipotente in tanti piccioli cubi, si fosse comunicato un violento moto dalla mano medesima, per cui anche ciascuno di essi cominciò a rivolgersi intorno al proprio centro: e che per virtù dell'enorme fregamento, che siffatti cubi dovettero soffrire nel loro particolar movimento, si dovettero per necessità rompere, e stritolare i loro angoli, e quindi ritondarsi. Da cotesti cubi ritondati; dalla materia, che risultò dai frantumi dei loro angoli; e da un certo finissimo polverìo, che dovè naturalmente generarsi nell'atto del fregamento, suppone egli, che fosse stato formato l'Universo: dimodochè i frantumi degli angoli, ossia la materia del terzo elemento, per esser fra tutte la più greve, passò a formare la Terra, i Pianeti, e i rimanenti corpi opachi; e quella del secondo elemento, o vogliam dire le parti ritondate, più uniformi, e diafane, vennero ad occupare il luogo dell'atmosfera, che fu da esse prodotta, e la cerulea volta del cielo; destinando il primo elemento, ossia la materia massimamente dilicata, attiva, e sottile (tratta soprattutto nel mezzo dell'immenso vortice), alla formazione del Sole, e della portentosa serie dei corpi luminosi; a riempiere tutti i voti, ed a fare tutti quei miracoli, cui avrem motivo di rapportare in altro luogo più a proposito. Chi non si avvede altro non esser questo, che un ingegnosissimo ritrovato, il quale ha tutta l'aria di un romanzo filosofico? L'oggetto del buon fisico non è quello di formare il Mondo, ma soltanto di esaminare i fenomeni, e le leggi, onde esso è governato.

19. Rivolgendo lo sguardo all'immensa serie dei corpi contenuti nell'Universo, non vi è cosa più ovvia, e naturale, quanto il credere di esser ciascheduno di essi composto del suo particolar genere di materia; non iscorgendosi la menoma simiglianza, per esempio,

tra

tra le particelle del ferro, dell'acqua, del legno, delle pietre, del fuoco, e così di mano in mano: tuttavolta però volendo entrare un poco nell'esame di un tal punto colla guida dei fatti, e degli esperimenti, si troveranno forti ragioni da poter sospettare esser la materia omogenea in tutti i corpi, sì solidi, che fluidi: e che la loro pressocchè infinita diversità nasce unicamente dalla differente grandezza dei primi componenti; dalla varia maniera, onde siffatta materia trovasi modificata; dalla configurazione varia delle parti di ciascun corpo; dal diverso grado di coerenza, onde mantengonsi insieme unite, e da altre qualità di simigliante natura. Vi ha cose più differenti, per modo di esempio, quanto l'acqua, e le piante? E pure non vi ha dubbio, che l'acqua, onde le piante s'innaffiano, convertesi alla giornata in radici, tronchi, rami, foglie, pedicilli, fiori, e frutti d'infinita varietà in quanto alla consistenza, alla struttura, al sapore, ec., senza rammentare il meraviglioso numero delle parti, onde ciascheduna delle anzidette viene ad esser composta. Di fatti se prendiamo il semplice fiore, qual diversità non si ravvisa tra il pedicello, il calice, la corolla, il pistillo, gli stami, le antere, i nettarj, il pericarpio, che son tutte parti, che lo costituiscono? E cotesta sensibilissima diversità crescerà viemaggiormente, se vogliansi paragonare insieme i fiori, le foglie, i frutti, le radici, ec. delle varie piante. Questa ricerca può portarsi anche più oltre; ed a misura che diviene più meravigliosa, accresce forza all'argomento, di cui quì si ragiona. Un uomo, che non si nudrisse di altro, se non se di piante, e dei loro prodotti, avrebbe senza dubbio un sufficiente nudrimento, atto a rinfrancare le forze della vita; a mantenere, ed a far crescere le parti, ond'è formata la sua macchina; talmentechè quelle tali piante, e i loro prodotti, si convertirebbero nel tempo stesso in muscoli, in tendini, legamenti, cartilagini, membrane, ossa, nervi, arterie, vene, sangue; e quindi in parti organiche, composte di un immenso numero di parti differenti, cui troppo lungo sarebbe il rammentare. Sicchè, per dire il tutto in breve, la sostanza delle piante si convertirebbe in macchina umana: così

di

di fatti addiviene in moltissimi animali, che cibansi soltanto di vegetabili. E siccome abbiam osservato, che le piante vengono sviluppare, ed accresciute dall'acqua, così può dirsi, senza tema di errare, che l'acqua, e ciò che essa contiene, si trasformerebbe in corpo di un uomo. Per quanto portentoso, ed incredibile possa ciò sembrare a primo lancio, è per altro un fatto evidentissimo. Un arbuscello di Salcio del peso di 5 libbre, messo da Vanhelmont dentro di un vaso pieno di terra fatta seccar nel forno, e chiuso in maniera, che non vi si potea introdurre verun'altra sostanza, essendosi fatto da lui innaffiare con semplice acqua piovana, crebbe nello spazio di 5 anni a segno tale, che pesava 169 libbre, e tre once, senza che il peso della terra si fosse scemato più di due once. E' chiaro dunque, che siffatto accrescimento erasi prodotto dall'acqua, e da particelle vaporose assorbite dall'aria per via delle foglie; e quantunque non si possa negare di esserci nell'acqua piovana particelle terree, oliose, saline, spiritose, e di altra simil natura; e che gli alberi, e le piante siccome da una parte traspirano moltissimo per mezzo delle foglie, così hanno nelle medesime degli organi adattati ad assorbire nella loro sostanza, e per loro nudrimento, una infinità di vapori, e di particelle straniere galleggianti continuamente nell'aria; egli è certo benanche non doversi attribuire a quelle soltanto il mentovato accrescimento. E quando anche fosse vero il contrario, pure ciò proverebbe, che le particelle oliose, saline, spiritose, ec., si sarebbero convertite in piante, e quindi nel corpo di un uomo; e che gli stessi elementi appiattati nel sen della terra, ovvero sparsi per entro all'atmosfera, combinati, e preparati in varie guise, fanno brillar la rosa per la vaghezza del suo colore, e la soavità dei suoi profumi; il giglio pel suo candore; le frutta di varie sorte pel vario loro squisito sapore; e rendono detestabile il nappello, e la cicuta, a cagion del loro mortifero veleno.

20. Considerate un poco le metamorfosi, a cui è soggetta una mosca, una farfalla, una pulce. Aggomitolato l'embrione di questa entro un vaghissimo uovo, candido, e levigato al par dell'avorio, vedesi poscia

scia uscirne sotto la forma di un rosso verme anellato, lungo, e vorace, il quale dopo di essersi ben nudrito raggruppasi in nuova guisa, e si trasforma in crisalide, d'onde sbuccia finalmente in forma di pulce, guernita di dura, e lucente scaglia di vago color d'oro, ed ornata d'ispidi peli, di gambe lunghe, ed elastiche al par di una molla, di acciajo, di corna articolate, e di robusto pungiglione, onde ci trafora la pelle per succhiarne il sangue, che la nudrisce. Il rozzo embrione della mosca sbucciando dall'uovo, allogato soventi volte entro a un mucchio di schifoso succidume, prende la forma di un bianco verme, qual è appunto quello del caccio, per servire in grossi bulicami di delizioso cibo alla sucida ingordigia di taluni; e dopo di essersi cangiato in crisalide, diviene in ultimo una mosca, i cui occhi assai più numerosi di quelli di Argo, e simiglianti ai più preziosi rubini; la cui proboscide emula di quella dell'Elefante, ma assai più abbellita, ed artificiosa; i cui vaghissimi pennacchi; le cui ale mirabilmente intessute di finissima rete; le cui parti in somma destano l'ammirazione del curioso Naturalista, arrecandogli nel tempo stesso un soave diletto. Le uova di una farfalla, che fanno a gara talvolta colle più lucide perle di Oriente, schiudonsi ben spesso in luridi bruchi, i quali armati d'irsuto pelo, e di mascelle taglienti a foglia di tanaglie, veggonsi strisciar sulla terra con moto vermicolare. Cangiati poscia in crisalide di singolare, e strana forma, svestonsi finalmente delle loro luride spoglie, e rirornano a far nuovamente la loro comparsa su 'l teatro della Natura sotto colori così variati, e vistosi, sotto la forma di una farfalla così vaga, e dilicata, che costituisce il più bell'ornamento dei giardini, e dei prati. D'onde mai son prodotti cangiamenti così portentosi, se non se da nuove modificazioni della stessa materia, atta sempre a ricever nuove forme, senza però alterar giammai la sua intrinseca natura?

21. Oltreachè quante diverse cose non vengono formate dall'arte mercè la differente configurazione, e la combinazione diversa degli stessi materiali? Un rozzo masso di marmo vien convertito da un Artefice in un pilastro; da un altro in una vasca: da questo in

una

una colonna migliaria; e tra le mani di un perito Scultore vien trasformato in una bellissima Venere, che fa il più gran pregio della Galleria Medicea. Una pianta di lino, o di canape, vien ridotta in filo, e quindi in tela; la quale essendo macerata nell'acqua, forma la carta, che non ha nulla di simile colla pianta. I bioccoli di lana, che tra le mani di una dornicciuola vengono convertiti in calze, ed in berrette, dall'industre mano del Tessitore vengono ridotti in panno, che pur si adatta a diversi usi: e così si ragioni di altri simiglianti generi di mestieri, e di manifatture. Ciò posto, sembra ragionevolissimo il dedurre, che quantunque la materia dei corpi comparisca diversa in ciascheduno di essi, pure i primi elementi, onde eglino son composti, debbono riputarsi omogenei; e che l'apparente loro diversità nasce soltanto dalla varia loro modificazione, e dalle altre cagioni indicate di sopra (§. 19.). Con ugual grado di verisimiglianza puossi supporre esser cotesti elementi, per un saggio provvedimento del Sovrano Creatore, estremamente duri, e del tutto inalterabili per forza di esseri creati; e quindi non esserci alcun mezzo da potersi da noi variare le intrinseche proprietà dei corpi, siccome han taluni sciocamente immaginato, per non render la natura delle cose soggetta a cambiamenti, e per serbare così l'ordine, e le leggi dallo stesso Creatore stabilite per la perenne conservazione dell'Universo.

22. La fin quì dichiarata universale omogeneità della materia, seconda, e facilita le mire della sovrana Provvidenza, la quale avendo stabilito, che nulla si distruggesse di ciò, che esiste in Natura, ha fatto sì, che il tutto soggetto fosse ad un perpetuo, ed ammirabile cangiamento; disortachè qualor ci sembra, che le create cose vannosi a logorare, e riduconsi in nulla in forza delle naturali vicende, altro non succede, se non se un puro scomponimento delle loro parti, le quali passan poi a costituire sotto nuova forma altre materiali sostanze; avverrandosi in ciò l'antico detto della Peripatetica scuola, cioè a dire, che la corruzione di una cosa cagiona quindi la generazione di un'altra. Così il regno minerale contribuisce sensibilmente alla conservazione, ed all'accrescimento del regno vegetabile; e que-

sto

sto alla sussistenza, ed al buon essere del Regno animale; e così ancora. legansi meravigliosamente insieme tutti gli esseri creati nell' ordine di Natura alla guisa di tanti anelli di una lunghissima catena, di cui gli uni sono dipendenti dagli altri; e quei che sembrano i più disgiunti per cagione della loro lontananza, possono agevolmente congiugnersi, quando l' uopo il richiegga, senza che ne segua perciò il menomo sconcerto. Dal che ne risulta poscia un tutto armonico, e regolare, ad onta dell' apparente diversità, e del contrasto dei suoi elementi.

ARTICOLO III.

Della porosità dei corpi, e quindi della loro densità.

23. Essendo i corpi composti di un prodigioso numero di picciole particelle; ed essendo queste di diversa figura, e combinate in diverse guise; ne siegue, che non tutte le loro parti esser possono in contatto le une colle altre. Quindi ognuno chiaramente si avvede, che in ogni corpo ci debbono rimanere degl' intervalli in gran numero, frapposti tra le sue particelle, nella guisa appunto che scorger si suole in un mucchio di palline, di grani di miglio, o di altre simili sostanze gettate alla rinfusa dentro un paniere. A siffatti interstizj si dà il nome di *pori;* ond'è, che può dirsi non esservi alcun corpo in Natura, il quale non sia poroso; e questa porosità è considerabile a segno, da non potersi agevolmente immaginare da coloro, che non l'abbiano seriamente esaminata per via di fatti. Qualunque corpo è rappresentato alla guisa di una spugna all'immaginazione di un fisico.

24. Prendete le sostanze le più dure, senza eccettuarne l' oro, ch' è il più consistente di tutti i metalli; esponetele al fuoco; e vedrete, che ne saranno penetrate a segno, che concepiranno un gran calore in tutta la loro massa; e se il fuoco sarà violento, opererà con tanta forza nella massa medesima, che internandosi tra le varie particelle di quella, e facendo quivi le veci di cuneo, supererà la forza della loro na-

naturale coerenza; e separando le une dalle altre, le ridurrà nello stato di fusione, oppur di scioglimento. La qual cosa non potrebbe in alcun modo avvenire, se non ci fossero in quei tali corpi innumerabili pori, nei quali il fuoco si possa internare.

25. La dilatazione dei metalli col mezzo del calore, e il loro ristringimento in forza del freddo, ci somministrano una pruova evidentissima della porosità dei corpi. Facciamo uso del Pirometro, e ne resteremo convinti in un modo sensibilissimo. La più semplice costruzione di questo stromento viene rappresentata dalla Fig. 9. della Tav. VI. Il braccio curvo *s* E D è girevole intorno al perno E, talchè spignendosi l' estremità *s* verso G, l'asta ED preme contro l'indice XZ del quadrante, o sestante M, e l'obbliga così a montar mano mano lungo il lembo graduato F K del quadrante medesimo. La verga metallica R Q, di cui vuol misurarsi la dilatazione, viene appoggiata su i due sostegni metallici A, B, in modo però, che la sua cima *y* resti fissa, e frenata sul sostegno A mercè di una cavicchia di ferro, e l'altra *z* rimanga del tutto libera. Siffatta estremità della verga fassi di tale lunghezza, che tocca immediatamente l' asta corta *s* E del braccio suddetto. La cassetta, o lucerna H, riempiuta di spirito di vino, e guernita dei lucignoli *c*, *c*, *c*, *c*, *ec.*, soggiace direttamente all'indicata verga. Per rendere cotesto istromento di gran lunga più esatto in operazioni più dilicate, vi si sono aggiunti diversi altri pezzi; e noi ne darem la figura nel quarto volume di questa Opera, ove ragionerassi del fuoco. Applichiamo dunque al Pirometro, di cui si ragiona, una barra metallica, qual sarebbe per esempio, la verga di ferro R Q, di una determinata, e conosciuta lunghezza. Tostochè si accendono i lucignoli *c*, *c*, *c*, *c*, *ec.*, della lucerna H, l'indice X Z comincia a montare gradatamente lungo il lembo F K del quadrante M; ed un tale innalzamento cresce a misura che il calore va penetrando la massa della verga, e vi si va accumulando. Segno evidentissimo, che la verga si dilata gradatamente in virtù del calore, e si allunga al segno di spignere mano mano verso G l'asta corta *s* E del braccio cur-

Tav. VI. Fig. 9.

vo *s* E D, e quindi il detto indice del quadrante. Ed in fatti un tale allungamento scorgesi anche ad evidenza su di una piccola scala *b* incisa su il sostegno del quadrante medesimo, lungo la direzione della cima *z* della verga suddetta, qualora vi si osserva attentamente per mezzo di una lente, che ingrandisca le divisioni della scala. Ciocchè chiaramente dimostra esservi moltissimi interstizj voti nella massa della verga, nei quali internandosi il fuoco, sforza le particelle del ferro ad allontanarsi l'una dall'altra: ed un tal effetto vien prodotto ugualmente facendosi uso di altre barre di qualsivoglia metallo.

26. Non solamente il calor della fiamma, ma quello eziandio, che regna nell'aria nelle differenti stagioni dell'anno, produce proporzionatamente lo stessissimo effetto. Giusta gli esperimenti del Signor de la Condamine, una Tesa di ferro si allunga a un di presso $\frac{1}{8}\frac{1}{7}$ di linea, a misura che il calore cresce di un grado nel Termometro di Réaumur; e si è più volte osservato, che in tempo di estate una verga di ferro della lunghezza di tre piedi, è più lunga di $\frac{1}{7}\frac{1}{0}$ parte di un pollice di quel che la è in tempo d'inverno. Siffatta dilatazione è più, o meno sensibile, a norma della diversità dei metalli; e perciò trattandosi di prender misure colla massima esattezza possibile, o bisogna tener conto della indicata dilatazione, oppure convien sempre ridurre le misure, che si adoperano, alla medesima temperatura.

27. Quindi ne avviene, che gli oriuoli a pendolo, e quei da tasca (quando anche non ci fosse altra ragione) soffrono sempre della variazione nell'additare il tempo; imperciocchè dilatandosi, e ristringendosi le ruote, i perni, ec., mercè del caldo, e del freddo della stagione, oppur del sito, in cui trovansi riposti; dee per necessità accrescersi, oppure scemarsi il fregamento delle parti, oltre ad allungarsi, o ad accorciarsi il pendolo; e dee prodursi in conseguenza della varietà nel movimento. Quindi, date le altre cose uguali, un oriuolo a pendolo, od una mostra, suol ritardare in tempo di estate, per ragion che si accresce lo sfregamento in virtù della dilatazione dei metalli; e suol avvanzare in tempo d'inverno per la ragione contra-

traria. La varia influenza del caldo, e del freddo produce similmente vatj gradi di tensione nella spirale di una mostra, la cui diversa forza determina la velocità del bilanciere. E se l' esattezza di una mostra dipende dalla uguaglianza costante delle vibrazioni di coresto bilanciere, come mai possono quelle esser sempre uguali, qualor la forza, che le anima, è soggetta a cangiamenti? Or quantunque l' alterazione nelle dimensioni dei metalli non si possa in verun modo impedire, dobbiamo però esser grati a quegli Artefici, che per via dei loro sforzi ingegnosi hanno inventato un particolar meccanismo per correggere gli errori, che vengono originati dalla mentovata cagione. Il Pendolo astronomico della nostra R. Accademia militare, opera insigne del celebre Cumming; quello del cavalier Vivenzio fatto da Emery; i Pendoli di Arnold, ugualmente che le mostre marine di questi due ultimi artefici insigni, godono di un siffatto vantaggio. Rettificate queste con un Pendolo astronomico, e quindi messe in una stufa, e poscia nel ghiaccio; comechè il metallo si fosse alternativamente dilatato, e ristretto, non soffrirono perciò la menoma variazione nell' additare il tempo esattamente. Harrison, monsieur le Roy, Ellicot, ed altri Artefici insigni, si sono parimente distinti per la costruzione di Pendoli di simil natura.

28. La porosità dei metalli, dei legni, e di altre durissime sostanze, può provarsi ugualmente riducendoli in lamine sottilissime, allorchè da opachi ch' erano, divengono trasparenti, dando così un libero passaggio alla luce. L' oro, ed il rame, ridotti in foglia, di cui facciam uso comunemente per dorare, sono traspatenti all' eccesso; e se sieno riguardati con un Microscopio, presentano all' occhio una quantità di poti così immensa, che taluno gli prenderebbe per una rete. I rami dei legni i più duri, segati col mezzo del coltello spirale di Cumming, in laminette della 2 millesima parte di un pollice (§. 12.), rappresentano il tessuto di un merletto, e taluni un crivello, od uno staccio. In un pezzo di sughero (che altro non è, siccome ognun sa, che la corteccia di un albero, detto da Linnèo *Quercus Suber*) furon contate, al dir di Hook nella sua *Micrographia*, 60 piccole cellette or-

dinate in fila nella lunghezza di $\frac{1}{1}$ parte di un pollice; cosicchè ve n' erano 1080 nella lunghezza di un pollice; un milione, 166 mila, e 400 in un pollice quadrato; e 1259 milioni, 712 mila in un pollice cubico. Oltreachè la gran porosità dei legnami si rileva chiaramente dall' imbever ch' essi fanno l' umidità molto facilmente. Ne risentiamo gli effetti di continuo nei tempi umidi, e piovosi, allorchè ci riesce assai malagevole di chiuder quelle porte, o quei forzieri, che chiudevansi agevolmente in tempi asciutti: tanto si aumenta il lor volume per l' imbevuta umidità! Quindi si scorge il vantaggio, che recano ai legni i colori a olio, e le vernici, siccome quelle, che vietano alla umidità dell' aria il potervisi internare. E' portentoso il numero dei pori esistenti anche in altre parti dei vegetabili. Su di una picciola foglia di bosso furon contati da Leeuwenhoek 344 mila, 180 pori; cioè a dire 172 mila, e 90 in una faccia, ed altrettanti, che si dovea ragionevolmente supporre esservi sull' altra. Questa è la via, per cui le piante traspirano moltissimo, ed assorbiscono entro alla loro organizzazione quelle tali particelle, ch' essendo sparse nell' aria in gran dovizia, sono atte a nudrirle; ond' è poi, che un albero spogliato intempestivamente delle sue foglie, o produce frutti di cattiva qualità, oppur perisce.

29. Versate dello spirito di vino, ovver del petrolio, imbevuto di un colore conveniente, su di un pezzo di marmo il più duro riscaldato a sufficienza, e troverete a capo di picciol tempo di essersi quello internato talmente entro alla sostanza del marmo, che anche segato questo in più tavole, vedrassi tinto dappertutto dello stesso colore. L' ingegnosissimo principe di Sansevero si è felicemente servito di un tal metodo per dare ai marmi dei vaghi colori artifiziali (*a*). Gli smeraldi, i robini, i topazj, e fiuanche i diamanti,

(*a*) Il signor Celebrano, egregio Pittore Napoletano, che assisteva il mentovato principe in tutte le operazioni di tal natura possiede oggigiorno tra noi l' arte mirabile, di cui qui si ragiona, cioè a dire di dare ai marmi differenti vaghi colori con una grandissima facilità.

ti, che sono i più duri tralle pietre preziose, convien che abbiano un numero indicibile di pori, poichè la loro sostanza vien liberamente attraversata dai raggi della luce.

30. Il mercurio stesso, ch'è il più denso di tutti i fluidi, è provveduto dei suoi pori. Per rimanerne convinti, non avete a far altro, se non se prendere un buon Termometro, ed applicare la vostra mano sulla palla di quello. Scorgerete in breve spazio di tempo, che la colonna del mercurio comincierà ad innalzarsi sensibilmente, e sarà portata ad un' altezza proporzionale alla forza espansiva del calore, che s' interna nei suoi pori.

31. Chi crederebbe esservi una infinità di pori nella carta, che comparisce all'occhio di aver la superficie non interrotta, ed unita? Lasciando da parte il riflettere, che i liquidi vi passano per lo traverso senza lacerarla, deduciamone una pruova luminosissima dal seguente sperimento. Prendasi un poco d' inchiostro simpatico, ch'è un liquido traspatente, e simile all'acqua, formato da una semplice soluzione di sal di Saturno, ovver di litargirio nell' aceto; e scrivasi con esso su di un pezzo di carta bianca. Pongasi questo (dopo che l'inchiostro sia bene asciutto, e i caratteri sien divenuti invisibili) tra la coperta, e la prima pagina di un libro voluminoso: indi si metta un altro pezzo di semplice carta, imbevuto di un' altra soluzione fatta con calce, ed orpimento, tra l' ultima pagina del detto libro, e la sua coperta corrispondente. Se chiuso il libro in tal modo, andrassi poi ad aprire a capo di pochi minuti, si troverà, che il liquore della seconda carta essendo passato a traverso di tutto il libro, sarà andato a colorire le lettere scritte sulla prima, ch'erano, siccome si è detto, del tutto invisibili: e poichè le carte del libro non sono in alcun modo danneggiate per virtù di siffatta operazione, nè se ne vede il menomo vestigio; uopo è conchiudere esservi nella carta un numero grandissimo di pori, talchè riguardar si dee alla guisa di una rete, pel cui traverso uno dei mentovati liquori sia stato attratto dall'altro.

32. Non vi ha cosa più facile quanto il moltiplicar le pruove di questa verità, facendo uso della Mac-

Tav. VI. Fig. 5. china Pneumatica. Prendasi una spezie di coppa AB, fatta di legno duro, e il cui fondo sia formato da un cilindro, o cono di legno di quercia C, il quale sporga in giù per alcuni pollici. Si applichi il fondo di cotesto vasellino sulla cima aperta di un recipiente, e si riempia di mercurio. Tostochè si è fatto il voto nel recipiente mercè l'estrazione dell'aria, il mercurio contenuto nella coppa essendo fortemente premuto dall'aria esteriore, e non incontrando dentro del recipiente alcuna resistenza, si fa strada a traverso dei pori del legno di quercia, che sono naturalmente disposti in linea retta, e scappando fuora in innumerabili zampilli, forma in quello spazio voto una vaghissima pioggia di argento.

33. Pongasi nell'anzidetto recipiente un bicchiere con acqua, e vi si lasci un uovo tuffato al di dentro. In cominciarsi a fare il voto, l'aria contenuta nell'interno dell'uovo non ritrovando al di fuori alcun ostacolo, scapperà pei pori della scorza in un grandissimo numero di bolle, le quali succedendosi velocemente l'una all'altra, compariranno sotto la forma di vaghissimi zampilli. Espouendo sotto del recipiente nella guisa medesima qualunque altro corpo solido, si avranno presso a poco i medesimi risultati.

34. Per ciò che riguarda i corpi animati, la grande loro porosità rilevasi ad evidenza dalla considerabile quantità di sudore, e d'insensibile traspirazione, che da ogni parte della lor cute costantemente esala. L'acqua injettata nell'arteria aorta di un tenero fanciullino, scorgesi agevolmente trasudare da ciascun punto della sua cute. Fa stupore il riflettere, seguendo le osservazioni microscopiche di Leeuwenhoek, che nella lunghezza di una linea della nostra cute scuoprir si possono agevolmente 120 forellini, o pori che dir si vogliano; cosicchè ve ne saranno 1440 nella lunghezza di un pollice, e quindi 2 milioni, 73 mila, e 600 in un pollice quadrato. Or essendovi 144 pollici quadrati in una superficie di un piede; moltiplicando 2073600 per 144, il prodotto 298 milioni, 598 mila, e 400 esprimerà il numero dei pori contenuti in un sol piede quadrato della

la nostra cute, la quale è coperta dappertutto di squame di figura pentagona di una tal finezza, che a tenore delle osservazioni praticate, un solo granello di arena potrebbe ricuoprirne 200. Sono elleno disposte alla guisa delle squame dei pesci, affaldellate però a tre a tre l'una sull'altra, e servono come di scudo ai mentovati pori, dei quali ve n'è un grandissimo numero sotto di ciascheduna. E farà poi meraviglia, che il nostro corpo, guernito in siffatta guisa, e dappertutto, di un sì immenso numero di forellini, di cui altri metton capo entro all' esilissime boccucce delle arterie, che portano il sangue dal cuore alle parti estreme, ed altri nelle boccucce delle vene, destinate a condurre il sangue dalle parti estreme verso del cuore, rendasi atto a scaricarsi pei primi degli umori superflui sotto la forma d' insensibile traspirazione (che giusta le osservazioni del celebre Santoro giugne nei nostri climi d' Italia fino a cinque libbre al giorno), e ad assorbire pei secondi una doviziosa copia di ciò, che si aggira nell' aria, la cui cattiva indole infettando talvolta i varj umori del corpo, è poderosa sorgente di far tali disordini, e di costituzioni sterminatrici, e feràli?

35. Ponete di mercurio entro a un pezzo di pelle di cervo, di agnello, di cane, o di altro animale, già preparata; e poscia premetela fralle dita. La facilità grandissima, onde il mercurio la trapasserà dappertutto, spicciandone fuori a guisa di pioggia, oppur di acqua che sia gettata dentro un crivello, sarà un' altra pruova manifestissima della notabile porosità della pelle degli animali.

36. Comechè sia evidentissimo esserci in ogni corpo un grandissimo numero di pori, non è da credersi però esser tutti i corpi ugualmente porosi. Ve ne ha di quelli, le cui parti componenti sono conformate in modo, ed hanno un tal grado di naturale coerenza, che combaciandosi in più punti, lasciano per conseguenza un minor numero di spazj voti di quel che vi sia in altri, i cui elementi essendo di figura più irregolare, e dotati di minor forza di coesione, contengono siffatti voti in grandissima copia. Dunque la maggiore, o minore abbondanza di cotesti intersti-

zj, fa che diversi corpi contengano maggiore, o minor quantità di mareria sotto lo stesso volume, e quindi che sieno più, o meno densi gli uni degli altri. L'oro dicesi più denso di qualunque altro metallo, perchè un pollice cubico di oro contiene un minor numero di pori, e conseguentemente una maggiore quantità di materia di quel che si contiene in un pollice cubico di piombo, di ferro, di rame, ec. Ma poichè egli è cosa impossibile il sapere accuratamente la quantità dei pori esistenti in un corpo qualunque, ci si rende ignota per conseguenza l'esatta quantità di materia, che in esso si contiene. Quindi siamo privi di mezzi da poter rilevare il peso assoluto dei corpi: e se diciamo, che questo pesa una libbra, e quello due, ciò deriva dall'averli paragonati col peso di un altro corpo, il quale si è benanche rilevato dal rapporto con altri massi di materia; e così successivamente.

37. Due corpi, i quali avessero ugual densità in ugual volume, in se conterrebbero la stessa quantità di materia; la quale per altro si aumenterebbe, se rimanendo le densità uguali, si accrescesse in uno di essi il volume; oppure se rimanendo in ambidue uguali i volumi, si venisse in uno ad aumentare la densità. Per la qual cosa la densità, e il volume di un corpo qualunque riguardar si possono a guisa dei due lati di un rettangolo; dimodochè moltiplicando l'una per l'altro, avrassi nel prodotto la quantità di materia contenuta in quel corpo. Quindi le quantità di materia esistenti in due corpi, uno dei quali avesse la densità come 2 in un volume di quattro piedi, e l'altro avesse la densità come 3 in sei piedi di volume, sarebbero tra loro nella proporzione di 8 a 18, tali essendo i prodotti di 2 per 4, e di 3 per 6. Essendo nota d'altra parte la quantità di materia di un corpo, il quoziente della medesima divisa pel volume, esprimerà la densità; non altrimenti che il quoziente della quantità della materia divisa per la densità, renderà noto il volume. Uopo è tener fissi a memoria questi metodi pratici, siccome quelli, che riusciranno di grande uso nella dottrina del moto.

AR-

ARTICOLO IV.

Dello spazio voto.

38. L'esistenza degli anzidetti innumerabili interstizj nei varj corpi, che vi sono in Natura, ci somministra una fortissima pruova per credere, che non tutte le parti dell'immenso spazio mondano sieno piene, ma che ve ne ha parecchie del tutto prive di materia, e conseguentemente vote. E' questo un punto, su di cui si è lungamente, e con infinito calore, disputato nelle scuole: ed in fatti si troverà in un grandissimo imbarazzo chiunque vorrà decidere una tal quistione col mezzo di puri raziocinj, dei quali ne troverà parecchi di gran peso *pro* e *contra*; ma se vogliam procedere per la via delle osservazioni, e dell'esperienza, ritroveremo delle pruove evidentissime della testè mentovata proposizione. Affin di andar oltre con chiarezza, distingueremo coteste pruove in tre rami, corrispondentemente ai tre fonti, da cui ci vengono somministrati gli argomenti.

39. Dedurremo adunque il primo argomento dall'esistenza del moto, il quale non si potrebbe in alcun modo eseguire, se non vi fosse spazio voto in Natura. E a dir vero, altro non essendo il moto di un corpo, se non se un passaggio, che egli fa da un luogo in un altro; ciascuno chiaramente si avvede, che siffatto corpo nel primo istante, che incomincia a muoversi, non potrà avvanzare neppur di un capello, se i corpi, che lo circondano, non gli cedano il lor luogo, cui il corpo, che a muover s'incomincia, passar dee ad occupare; ed affinchè cotesti corpi circonvicini possano cedere il lor luogo, uopo è che ci sia dello spazio voto, in cui si possano trasferire; non essendo possibile, attesa l'impenetrabilità della materia, che due corpi occupino il medesimo luogo nel tempo stesso. Se dunque i corpi liberamente si muovono, forza è confessare non essere lo spazio perfettamente pieno, e conseguentemente esservi qua e là dei piccioli interstizj affatto privi di materia.

40.

40. Il potere i corpi mercè la rarefazione, e il condensamento, occupare un maggiore, o minor volume in varie circostanze, ci somministra un' altra pruova dell' esistenza del voto. Abbiam veduto (§. 25), che l' accennata proprietà è comune anche ai metalli i più duri. Il modo, onde un corpo si dilata, è quello di accrescere la natural distanza delle particelle, che lo compongono; laddove diminuendola, si condensa. Bisogna essere stupido per non accorgersi, che ci debbono rimanere moltissimi spazietti voti in un corpo, qualora distende il suo volume a segno tale, che giugne ad occupare uno spazio, che è centinaja di volte, e talora anche migliaja di fiate, maggiore di quello, che occupava nel suo stato naturale. I quali interstizj voti se mai non ci fossero, non potrebbe quel corpo ristringersi di bel nuovo, e quindi occupare il picciolo spazio di prima.

41. Il vario peso di differenti corpi sotto lo stesso volume, ossia, per dirlo col linguaggio delle scuole, la diversa loro gravità specifica, ci somministra in ultimo il terzo argomento. Sapreste dirmi perchè un pollice cubico di oro pesa più di un pollice cubico di ferro; e perchè questo pesa più di un pollice cubico di sughero? Ognuno sarà nello stato di rispondermi, che ciò nasce unicamente dall' esserci in un pollice cubico di oro maggior quantità di materia, e conseguentemente un minor numero di pori, ossia una minor quantità di spazio voto di quel che si contiene nel pollice cubico di ferro; nella guisa appunto, che il ferro in se contiene maggior quantità di materia, e per cooseguenza meno di spazio voto, che il sughero. Imperciocchè se la quantità di materia fosse uguale sì nel pollice cubico di oro, che in quello di ferro; essendo la gravità del tutto proporzionale alla massa, sì l' oro, che il ferro, peserebbero ugualmente; e per la stessa ragione uguale sarebbe benanche il peso del sughero. Or per esservi in un pollice di oro maggior quantità di materia, che in un pollice di ferro, oppur di sughero, è necessario, che in questi ultimi si contenga una quantità maggiore di spazj voti, poichè il volume si

sup-

suppone uguale. Sarebbe una conseguenza necessaria del pieno perfetto lo scorger l'oro, l'argento, i marmi, e le sostanze le più grevi, galleggiar liberamente nell'aria a guisa di leggerissime piume; imperciocchè si ritroverebbero equilibrate perfettamente con quella, per la ragione che conterrebbero la stessa quantità di materia nello stesso volume. Dunque non vi ha dubbio, che il voto esista, qualor si badi seriamente alla diversa gravità specifica dei corpi.

42. Oltreaciò ricorriamo un poco alla Macchina Pneumatica; e son sicuro, che ne resterete pienamente convinti. Prendiamo prima di tutto due piccioli emisferi di ottone, rappresentati dalla Fig. 4 della Tav. VI, e facciamoli combaciare in modo all'aria aperta, che uniti insieme vengano a formare un globo. Essendo essi in tale stato, una forza assai lieve basterà per disgiugnerli l'un dall'altro. Or bene, uniamoli di bel nuovo, e ponghiamoli sulla Macchina Pneumatica, affin di estrarre l'aria da cotesto globo. Sapete che ne avverrà? Quegli emisferi, che poco fa avete disgiunti così agevolmente, dopo di averne estratta l'aria avran bisogno di uno sforzo considerabile per poter essere separati; non per altra cagione, se non se pel voto praticato al di dentro. Questo fa sì, che non essendoci interiormente alcuna resistenza, le due colonne di aria esteriore, che han per base cotesti emisferi, gli premono a vicenda in direzioni contrarie con tutto il lor peso; il quale se non venga superato, non potranno essi disgiugnersi come dianzi. Per lo contrario facendosi essi combaciare insieme all'aria libera; e conseguentemente non essendoci voto al di dentro; l'aria interiore controbilancia quella di fuori, e non vi è ragione, per cui non si debbano separare l'un dall'altro.

Tav. VI. Fig. 4.

43. Per quanto evidenti però sembrar possano siffatte ragioni ad un animo spregiudicato, non giungono a persuadere i Peripatetici, i quali credono, che la Natura abborrisca il voto; come neppure i Cartesiani, che tratti da forza di sistema, ostinatamente sostengono esser tanto lungi, che il voto esista, che non potrebbesi quello cagionare neppur per virtù della divina Onnipotenza. Imperciocchè essendo

do l'estensione, secondo essi, l'essenza del corpo (§. 4), si dovrà questo rinvenire dovunque quella si ritrova: che però dee necessariamente esserci del corpo ovunque esiste lo spazio. Quindi fan tosto uscire in campo la lor *materia sottile* (§. 18), la quale pretendono, in primo luogo, che vada ad occupare con velocissimo moto tutti quegli spazj, che si frappongono tra le varie particelle dei corpi, e che dovrebbero rimaner voti, principalmente nella rarefazione di essi; 2. che dalla maggiore, o minor quantità di siffatta materia esistente nei corpi stessi, nasce poi la differente loro gravità specifica; e finalmente, che il moto si produce liberamente nel pieno per la cedevolezza della materia stessa da loro ideata.

44. Non merita la pena di rifiutare siffatte stranezze; bastando solo il riflettere, che l'esistenza di questa materia sottile è del tutto ipotetica, siccome abbiamo già osservato (§. 18); e poi, che la medesima essendo corpo, deve esser dotata di resistenza, di peso, e di tutte quelle tali proprietà, che competono ai corpi. Quindi sarà composta di parti, le quali, attesa la somma fluidità, che i Cartesiani le attribuiscono, debbono essere sferiche, e conseguentemente toccar debbonsi in un punto. Ecco dunque degli spazj, che dovranno restare necessariamente voti, anche ammessi i prodigj della materia sottile Cartesiana.

45. S'egli è chiaro, che esistano dei piccioli spazj voti sparsi qua e là nella tessitura dei varj corpi, ragionevol cosa è benanche l'immaginare, che vi sieno altri ampj spazj fuori della Terra del tutto voti di materia; qual'è, per esempio, quello, in cui nuotano i corpi celesti. Imperciocchè per quanto sottile, e dilicato vogliasi concepire l'etere, che riempier dovrebbe siffatto spazio, giusta il sentimento di alcuni; non potendo quello esser altro, che corpo, verrebbe a ritardare considerabilmente il moto delle Stelle, e dei Pianeti, mercè la sua forza d'inerzia, cui dovrebbero quelli superar perpetuamente. Cosa, che ripugna ai fatti, ugualmente che alla ragione.

AR-

ARTICOLO V.

Della Forza d' Inerzia.

46. Vuolsi intendere per *Inerzia* la naturale *inattività* della materia, per cui vediamo alla giornata, che non può ella da se mettersi in moto quando sia in riposo, nè cessare di muoversi qualora non le si presenti verun ostacolo, che l'obblighi a porsi in quiete. Che però quantunque sia la Inerzia un principio putamente passivo, riguardar si può giustamente come uno sforzo, che i corpi fanno per rimanere nello stato, in cui si ritrovano, sia di moto, oppur di quiete. Come in fatti volendosi arrestare un corpo, che attualmente si muova; oppur volendosi muovere un altro, che stia in riposo, uopo è superare perfettamente la inattività della sua materia; che val quanto dire, che fa mestieri d' impiegare una quantità di forza uguale a quella, con cui quel tal corpo resiste per non essere disturbato dallo stato, in cui si trova: la quale forza impiegata viene conseguentemente distrutta dalla forza contraria del corpo medesimo; talmentechè non si mette egli in moto, se non per virtù dell'eccesso della forza, che opera contro di esso per superare la sua resistenza. E poichè siffatta resistenza compete a ciascheduna delle minime particelle, di cui il corpo è composto, riguardar si dee come l'aggregato di tutte coteste resistenze parziali; e quindi l' Inerzia dev' esser proporzionale alla quantità della materia. Avrem motivo di esaminare in appresso le conseguenze interessantissime, che derivano da un siffatto principio.

47. Chiunque entrasse nel sospetto, che la forza d' Inerzia dipender potesse da quella di Gravità, in quanto che tirando quest' ultima tutt' i corpi verso il centro della Terra, fa sì, che resistano essi a qualunque sforzo, che tenda a muoverli in altra direzione; potrà agevolmente convincersi del suo errore, lasciandosi liberamente cader di mano un corpo leggiero, qual sarebbe per esempio, un pomo, affinchè discender possa con picciola velocità. Se nell' at-

to di tal caduta siegua egli il pomo colla mano in modo tale, che lo raggiunga in qualsivoglia punto della sua discesa, e lo prema verso giù, sentirà la resistenza del pomo verso la parte contraria, proporzionatamente alla forza, ond' egli lo percuote: segno evidente, che la forza d'Inerzia non dipende in verun modo da quella di Gravità, la quale non opera, siccome diremo, se non se in direzione tendente giù al centro della Terra.

ARTICOLO VI.

Della Forza di Attrazione, e di Ripulsione.

48. Non v' ha cosa più facile per coloro i quali sono versati nello studio delle cose naturali, quanto il rilevare, per così dire, ad ogni passo, il gran dominio, che ha in Natura l'universale proprietà, posseduta dalle varie particelle della materia, di attrarsi scambievolmente; dimodochè egli è agevol cosa di rapportare una infinità di fatti per provarne evidentemente l'esistenza. Prendete in mano una pietra, o un pezzo di metallo, e sforzatevi di romperlo; che val quanto dire di separar le sue parti l' una dall'altra. Il vostro sforzo riuscirà vano; o se pure avrà il suo effetto, vi costerà grandissima fatica. Ciò fa vedere ad evidenza quanto è grande la forza, in virtù di cui le particelle, ond' è composta la pietra, o il metallo, attraggonsi scambievolmente, e tengonsi unite l' una all'altra; altrimenti riuscirebbe agevolissimo il disgiugnerle. Gettate delle gocce di acqua, oppur di mercurio, su di un piano levigato, e quindi avvicinatele l' una all'altra: primachè arrivino a toccarsi, si attrarranno con tanta violenza, che incorporandosi insieme, andranno tosto a formare una goccia sola. Prendete un pan di zucchero, una spugna, un pezzo di midollo di pane, uno squarcio di carta, un pannolino, o altra cosa simigliante; e fate, che una delle loro estremità venga tuffatta nell' acqua: vedrete tosto l' acqua medesima essere attratta in modo dalle accennate sostanze,

che

che innalzandosi sensibilmente, andrà ad umettarne le parti, che sono molto al di sopra del suo naturale livello. E d' onde mai procede, se non se dall' attrazione, che una quantità di nitro, per esempio, oppur di sal di tartaro, quantunque asciutta, trovasi poi considerabilmente inumidita, sicchè pesi il doppio, qualora tengasi esposta all' aria per qualche tempo?

49. Due palle di piombo A, B, appianate in una picciola parte della lor superficie, e quindi applicate, e premute di traverso con forza l'una contro l'altra, resteranno unite in modo, che converrà fare uno sforzo considerabile per poterle disgiungere: e talvolta mantengono sospese parecchie libbre senza staccarsi. Il celebre Beniamino Martin me ne fece veder due in Inghilterra, le quali quantunque non pesassero, che una libbra per ciascheduna; e comechè non si toccassero che in una porzione della lor superficie, uguale ad $\frac{1}{10}$ di pollice quadrato; pure giugnevano a sollevare un peso di dugento libbre. Cosa, che fa stupore! E siccome ciò succede ugualmente nel voto, dove l' aria non ha veruna influenza, chiaro si scorge non doversi attribuire, se non se all' attrazione. Lo stesso effetto si otterrà in una maniera più sensibile applicando l'un sopra l'altro due piani levigati *a*, *b*, di ottone, oppur di cristallo, unti leggermente di olio, affin di sloggiare l'aria dai loro pori: resteranno essi aderenti sì fattamente tra loro, che talvolta non basterà la forza di quattro uomini robusti per poterli distaccare; la qual forza supera di molto quella, che la pressione dell' aria potrebbe fare su di un piano, che non avesse, per esempio, che 4 pollici di diametro. In generale tutti i metalli, che hanno facce levigatissime, ugualmente che l'avorio e 'l marmo, i quali sono suscettibili della stessa politura, applicati l'uno sull'altro colla dovuta diligenza, tengonsi scambievolmente uniti con rara forza, che trattane l' aderenza cagionata dal peso dell'atmosfera, uguaglia talora 259 libbre, siccome fu rilevato da Musschenbroek nei suoi varj esperimenti.

Tav. VI. Fig. 6.

Tav. VI. Fig. 8.

50. Si è osservato più volte, che in un tubo di vetro di circa 70 pollici di lunghezza, chiuso al di so-

pra,

pra, e riempiuto di mercurio perfettamente scevro di aria, sicchè l'interna superficie del tubo combacciar potesse appuntino coll' intiera colonna di quello; dopo di essersi capovolto, il mercurio vi è rimasto sospeso al di dentro. Chiunque volesse attribuire cotesto fenomeno all'efficacia dell'aria, la quale premendo il mercurio da sotto in su, l' obbligasse quindi a rimanere nel tubo, è pregato a rammentarsi, che la pressione dell' aria non è capace di sostenere, se non se circa 28 pollici di mercurio, siccome dimostreremo a suo luogo. E' forza dunque il dire, che gli altri rimanenti 42 pollici fossero sostenuti da un' altra potentissima cagione; in cui chi mai può non ravvisarci la legge di coerenza, ossia la forza di attrazione fra il mercurio, e 'l vetro del tubo? Come in fatti per poco che un tal tubo si scuota, vedesi tosto uscirne il mercurio, essendo vinta la forza di aderenza dal proprio suo peso.

51. In compruova della special forza di aderenza tra le due mentovate sostanze, vi ha il decisivo esperimento praticato dal Signor di Morveau col mezzo di un piano di cristallo, ed un vaso di mercurio. Attaccata per via di mastice qualche sorta di appiccagnolo alla faccia superiore di una lastra di cristallo A, che abbia il diametro di due pollici, e mezzo, sospendasi ad una esatta bilancia BC, e si ponga ivi in equilibrio mercè di pesi annessi all'opposto braccio D di quella. Tostochè alla superficie inferiore dell' accennata lastra si approssimerà del mercurio, che sia riposto entro a un vaso, qual sarebbe EF, resteranno essi scambievolmente attaccati con tal grado di forza, che si richiederanno 666 grani di peso applicati all'opposto braccio della bilancia, per poter vincere la loro aderenza, senza che vi sia il menomo fondamento da poter sospettare, che possa a ciò contribuire la pressione dell'aria, riuscendo l'esperienza ugualmente bene nel voto della Macchina Pneumatica. Facendosi uso di piastre di metallo in vece di quelle di vetro, l' adensione sarà minore, a misura che i metalli, di cui son composte, hanno una minore affinità col mercurio; scorgendosi dai fatti, che per vincere l'adesione di una piastra d' oro si richieggono 446 grani

Tav. VI. Fig. 7.

di

di peso; per l'argento 429; pel rame 142; pel ferro 115, e così dei rimanenti, non ostante che le piastre da essi formate abbiano tutte il medesimo diametro. Se in luogo di mercurio facciasi uso di acqua, i gradi di aderenza dei mentovati corpi saranno anche diversi.

52. Riempite di acqua un bicchiere ben netto, e poneteci dentro due leggierissime palle di vetro, due pezzetti di sughero, o altri corpi simiglianti, di ugual peso a un di presso. E' cosa piacevolissima il vedere, che si attraggono a vicenda fino alla distanza di parecchie linee; si avvicinano con un moto accelerato; e la lor forza di coerenza è tale, che tirandone uno verso di voi colla mano, l'altro gli viene appresso: talora sono attratti ambidue dalle interne pareti del bicchiere, da cui vien similmente attratta l'acqua, la quale scorgesi sollevata intorno intorno al di sopra del suo livello, conformandosi perciò in una superficie concava: ciocchè distrugge ogni sospetto, che i mentovati corpi a galla, ugualmente che l'acqua, possano esser portati verso le pareti del bicchiere per ragion di pendio, che ve li obbligasse. Il mercurio purissimo, versato in un vaso di rame, o di ottone ben levigato, e quindi stagnato al di dentro, rappresenterà lo stessissimo fenomeno. Non avverrà così però versandolo dentro un vaso, oppure un tubo di vetro; conciossiachè in questi la sua superficie sarà convessa, come scorgesi nei barometri, per motivo che le particelle del mercurio, a differenza di quelle dell'acqua, attraggonsi scambievolmente con maggior forza di quel che sono attratte dal vetro.

53. Facendo uso dell'acqua contenuta nell'anzidetto bicchiere, cercate di avvicinar la punta del dito alla superficie di quella: fattelo attentamente, e vedrete, che l'acqua s'innalzerà verso il vostro dito prima che siegua il toccamento, e quindi gli si attaccherà con tanta forza, che quantunque lo ritiriate in su all'altezza di una linea, pure vi si manterrà aderente, conformandosi alla guisa di un cono, la cui base è nella superficie dell'acqua del bicchiere. Un tal fenomeno si renderà più sensibile nel-

l'atto che vogliasi ritrar dall'acqua un pezzetto di legno di pino già immerso in quella; poichè sarà tale la forza di aderenza, che vedrassi l'acqua cingere il detto legno a foggia di un tubo, sollevato molto al di sopra dell'acqua del vaso.

54. La figura sferica, che prendono le gocce di acqua, oppur di mercurio, gettate su di un piano levigato, non si può ragionevolmente attribuire, se non se ad una considerabil forza di attrazione, che regna tra le loro particelle, per la cui virtù sottraggonsi quelle alla legge generale, a cui son soggetti i fluidi; cioè a dire di porre sempre a livello la loro superficie.

55. L'esperimento dell'inchiostro simpatico, rapportato nel §. 31, può benanche servire di fortissima pruova pel nostro assunto; essendo uno dei liquori attratto dall'altro con tanta efficacia, che passa per lo traverso di un libro voluminoso, ed anche di un muro, per unirsi a vicenda, e quindi rendersi visibili. La Chimica somministra benanche infiniti fatti evidentissimi in pruova dell'esistenza di cotesta forza, dai quali par che si rilevi di vantaggio esserci una legge particolare di attrazione fra certe specie di elementi, detta con altro nome *leggi di affinità*, da cui vien poscia originato un gran numero di prodigiosi fenomeni. Per darne un picciol saggio rapporterò gli esperimenti, che sieguono.

56. Pongasi un pezzo di argento in una sufficiente quantità di acqua forte, e vedrassi tosto seguirne una sorta di effervescenza, durante la quale l'argento verrà sciolto dall'acido, si dissiperà tra le particelle di quello, e resteravvi incorporato. Se in tale stato di cose si getti della limatura di rame in quella tal soluzione, vedrassi succedere, che l'acqua forte abbandonando immediatamente le particelle dell'argento, che in se conteneva, e lasciandole cadere a fondo sotto l'apparenza di una bianca polve (ciocchè dai chimici si denomina *precipitazione*), si attaccherà alla limatura del rame, cui scioglierà, e terrà seco unita, come dianzi fatto avea coll'argento. Un poco di limatura di ferro gettata in cotesto li-

quo-

quore, gli farà abbandonare il rame, precipitandolo al fondo del vaso, per attaccarsi al ferro, il quale quantunque sciolto, ed incorporato coll' acido, soggiacerà al destino dei mentovati metalli, qualor si ponga in quello un pezzettino di zinco, ch' è una delle spezie dei mezzi metalli. Essendo il zinco già disciolto nell' acqua forte, vedrassi egli precipitare a fondo tostochè vi si versi dentro un po' di polvere di occhi di granchj, la cui mescolanza cagionerà sulle prime una vigorosa, e singolare effervescenza. Ecco pertanto nel risultato di questo esperimento una pruova manifestissima di esservi una particolare attrazione tra le particelle dell' acqua forte, e quelle dell' argento; e di esservene una maggiore tra l' acqua forte, e il rame; giacchè al presentarsi di questo, che ne vien fortemente attratto, lasciansi in abbandono, e precipitansi a fondo le particelle di quello. L' attrazione col rame si dilegua immantinente al comparire del ferro; questa cessa del tutto per dar luogo a quella del zinco; la quale finalmente divien nulla a fronte della polve di granchj, con cui ha l'acqua forte una maggiore analogia. Questo è ciò, che dicesi dai chimici *legge di affinità*, la cui conoscenza essendo loro molto profittevole in parecchie occorrenze, si son formate delle Tavole, dette *di affinità*, ove trovansi registrati i differenti gradi di attrazione, cui l'esperienza ha fatto ravvisare tra sostanze di diversa specie.

57. Se in due libbre di spirito di vino impuro gettate una mezz'oncia di sal di tartaro, oppur di altro sale alcalino, attrarrà questo a se poderosamente la sola acqua mescolata collo spirito, il quale essendo versato dolcemente in un altro vaso, si troverà rettificato, e puro; e potrà ridursi alla massima purità possibile col riaffonderci dell'altro sale, e ripetere la mentovata operazione. Con questo semplicissimo metodo si può rettificare lo spirito di vino senza assoggettarlo alla distillazione.

58. Le cristallizzazioni di ogni sorta sembrano confermare questa medesima verità; imperciocchè per far sì, che il sal marino, per cagion di esempio, comechè disciolto cento fiate nell' acqua, prenda co-

stantemente la forma di piccioli cubi dopo seguito lo svaporamento, pare assolutamente necessario, che gli elementi, che lo compongono, attraggansi tra di loro in certi determinati modi, sicchè presentino gli uni agli altri costantemente la medesima figura. Così il nitro è formato da colonnette esagone, il sale ammoniaco da spigoletti, l'arsenico da ottaedri composti di otto piani triangolari: e ciò siegue con siffatta regolarità, e costanza, che dalla sola ispezione dei cristalli si vien tosto in cognizione della natura dei sali. La legge dunque, che opera sulle loro particelle, è invariabile; e l'abbandono dell'acqua per unirsi quelle scambievolmente, e formare le indicate figure, fa manifestamente scorgere la particolare affinità, che regna tra di esse.

59. Porta il pregio di rapportare in ultimo un altro grazioso esperimento in conferma della legge di affinità, il quale ci potrà dar dei lumi per applicare dovutamente siffatte dottrine. Prendasi un picciol vaso, conformato alla guisa di una lucerna, e si empia di vino purissimo, di acqua, e di olio, mescolati insieme avendo poscia preparati tre lucignoli di bambagia, s'intingano separatamente, uno dentro all'acqua, l'altro dentro all'olio, e il terzo dentro al vino. Ciò fatto, pongansi tutti e tre dentro al miscuglio dei liquidi contenuti nel vaso anzidetro, in qualche distanza l'un dall'altro, facendo sporgere un capo di ciascheduno fuori del labbro del vaso, talchè stieno pendenti verso il sostegno, su cui il vaso sta appoggiato. Sarà bello il vedere, che quantunque sieno essi tuffati tutti e tre nell'accennato miscuglio di tre fluidi differenti, pure verrà da ciascheduno attratto quel fluido soltanto, di cui si trova anticipatamente imbevuto, onde è, che gocciolando quello fuori del vaso fino a tanto che il medesimo sarà del tutto votato, e raccogliendosi in tre scudellini differenti; si troverà nel primo di questi il puro olio, nel secondo l'acqua, e nel terzo il vino: segno evidentissimo, che ciascheduno dei detti fluidi ha una particolare attrazione con quello della medesima natura. Bisogna avvertire però, che non tutti i vini sono atti a questo esperimento; a

mo-

motivo che parecchi s' incorporano talmente coll' acqua, che non se ne possono più separare. Sicchè in lor vece potrebbe sostituirsi qualche altro liquore, con cui l'acqua non avesse tanta affinità, oppure far uso soltanto dell' acqua, e dell'olio.

60. Cotesta forza di attrazione, la cui esistenza vien chiaramente confermata da questi, e da altri infiniti fatti, che per brevità si tralasciano, dicesi *attrazione di coerenza*, la cui scoperta devesi intieramente al genio indagatore di Newton. Uopo è sapere, che essa conviene in particolar modo alle picciole particelle di materia allorchè sono in contatto, oppur vicine a toccarsi; ed è maggiore, o minore, date uguali le altre cose, a misura che si accresce, ovvero si diminuisce la quantità delle superficie, che sono in contatto, oppur prossime a quello: e poichè la quantità delle superficie, che scambievolmente si toccano, dipende dalla varia forma delle particelle, di cui un corpo si compone; essendo cotesta forma differente a tenore dei differenti corpi, ne siegue, che le parti di alcuni di essi debbono essere più fortemente aderenti, che quelle di altri. Così quei corpi, per cagion di esempio, le cui particelle fossero cubiche, debbono essere più fermi, e più consistenti di quegli altri, le cui particelle essendo sferiche, non si possono toccare, che in un sol punto. Quindi viene originato il vario grado di durezza, e di mollezza, di consistenza, e di fluidità di varj corpi, ugualmente che la loro diversa gravità specifica, ed altre qualità analoghe alle medesime.

61. Inoltre siffatta forza non è uguale in tutte le particelle della materia, scorgendosi in alcune assai sensibile, ed in altre debole a segno, che non si manifesta, se non quando sono quelle vicinissime a toccarsi. Sì in queste però, che in quelle l'attrazione vedesi sempre scemare a misura che cresce la distanza. Prendansi di fatti varj tubi sottili di vetro di differente diametro, e si tuffino nell'acqua: si vedrà questa salire dentro ai tubi al di sopra del suo livello esteriore, e sollevarsi ad una maggiore altezza a proporzione ch'è minore il diametro della loro cavità. Oltredichè siffatta legge si ravvisa sensibilissima nell'esperi-

rimento di sopra accennato (§. 52) dei due pezzi di sughero galleggianti nel bicchiere, la cui celerità va crescendo a gradi, a misura che più si avvicinano scambievolmente. Pruovasi essa ugualmente col porre una goccia di olio tra due lastre di vetro inclinate l'una all'altra in picciolissima distanza; vedendosi quella scorrere con una celerità maggiore secondochè più si va minorando l'intervallo frapposto tra le lastre sudderte. E poichè i rammentati fenomeni riescono in simil guisa nel voto; e quello delle lastre, e dei tubi capillari non si altera in verun modo col cavarli fuor dell'acqua; si ha un chiarissimo indizio, che non possono esser prodotti nè dalla pressione del fluido stagnante; nè da quella dell'aria, che gli sovrasta, ma bensì da una forza attrattiva aderente al vetro.

62. Vuolsi seriamente badare di esservi in Natura alcuni corpi, nei quali la forza attrattiva operando con grandissimo vigore a distanze considerabili, viene a manifestarsi in una maniera sensibilissima. Tal è, per esempio, la calamita rispettivamente al ferro; e tali sono benanche i corpi elettrizzati, che hanno il potere di tirare a se quegli altri, che non sono tali. Queste sorte particolari di attrazione riguardansi dai Newtoniani come di spezie diversa; e distinguonsi perciò col nome di *Attrazione elettrica*, e di *Attrazione magnetica*, di cui si ragionerà a suo luogo.

63. Ad onta di tanti luminosi esperimenti, che pruovano ad evidenza la realtà dell'attrazione di coerenza dichiarata fin quì; e non ostanti le cose esposte nei due paragrafi antecedenti, non è stato ancora possibile di rintracciar positivamente la legge, onde essa opera. Certo si è, che nel punto del contatto ella supera di molto l'attrazione di gravità; e che lungi da quello si scema assai più, che nella ragione dei quadrati delle distanze; cosichè per tal riguardo differisce ella dall'attrazione anzidetta, ossia dall'attrazione universale, mercè di cui i corpi attraggonsi scambievolmente a grandi distanze con forza tale, che è nella ragione inversa dei quadrati di quelle, siccome dichiareremo tra poco. E' sembrato a taluni, che l'attrazione di coerenza sia nella ragione inversa dei cubi

bi delle distanze divisate, dimanierachè scemandosi di 8 volte in una doppia distanza, si diminuisce di 27 in una distanza come 3; di 64 in una distanza come 4, ec.; tali essendo i cubi dei numeri 2, 3, 4, ec. Vi ha però dei fenomeni, da cui apparisce non aver sempre luogo cotesta legge. Dal che parecchi han preso motivo di negare l'esistenza dell'attrazione Newtoniana, siccome quella, che variando a guisa di Proteo, operar vedesi ora nella ragione inversa dei quadrati, or dei cubi delle distanze, ed ora finalmeute secondo altre ragioni differenti, che noi ignoriamo. A me sembra però, che l'attrazione di coerenza benchè sia essenzialmente la stessa dell'attrazione nniversale a grandi distanze, vien di ragione modificata diversamente dalla varia figura delle particelle dei corpi. E come no, se due particelle di materia, supposte di figura sferica, non presentano vicendevolmente al contatto, che un punto solo; laddove due altre, supposte cubiche, ne presenteranno centinaja? Or non vi sembra ragionevole, che la forza di attrazione nelle prime debbasi manifestare di gran lungi men vigorosa, che nelle seconde, quando la massa di tutti e quattro suppongasi uguale? Cosa vi ha dunque d'irregolare, e di straordinario nello scorger queste attrarsi a maggior distanza, che quelle? Vedremmo per avventura le mentovate varietà ridursi a leggi sempre regolari, e costanti, qualora divenuti noi più veggenti, contemplar potessimo a bell'agio la differente forma delle particelle nei corpi diversi. L'operar l'attrazione talvolta con ispeciali leggi a noi ignote, par di ragione stabilito per adempiere fini assai estesi e sublimi. Ed in fatti non è da recarsi in dubbio, che dal vario grado di coerenza tra le particelle componenti dei corpi non solamente deriva il vario lor grado di densità, e durezza a pari circostanze (§. 60); ma eziandio parecchie altre loro qualità, e differenze specifiche. Per far dunque, che i corpi fossero diversamente densi, e varj nella specie, facea assolutamente mestieri, che le parti di ciascheduno si attraessero, e si tenessero insiem congiunte con varj gradi di forza; e quindi che vi fossero delle leggi speciali di affinità, e di attrazione. Durate

voi forse alcuna fatica ad immaginare il gran disordine, che ne avverrebbe, se il formento, per cagion di esempio, fosse ugualmente denso, e duro che il bronzo? se l'acqua, e l'aria avessero la densità del mercurio? se la densità, e la durezza dei muscoli, dei nervi, del sangue, e delle rimanenti parti del nostro corpo, e di quello degli altri animali, uguagliassero quelle del ferro? Gli inconvenienti, che ne risulterebbero, sono atti a potersi concepire a primo lancio. Facea dunque mestieri, che campeggiassero dappertutto in Natura coteste speciali affinità, ed attrazioni, la cui esistenza, e il cui esteso dominio, lungi dal doverci parere assurdo, ed irregolare, ci spigne piuttosto a farci aprire gli occhi, ed a farci ravvisare una sovrana Sapienza, che con provvido, e saggio consiglio ha disposto le cose in modo, che tutto concorra all'armonia, ed all'ottimo regolamento dell'Universo. Oltrechè essendo provvidamente ordinato in Natura, che i corpi in essa esistenti soggetti fossero di continuo a soffrir dei cambiamenti, ed a formarsene sempre dei nuovi dalla scomposizione di altri (§. 22); facea certamente mestieri, che sussistessero tra i loro elementi alcune attrazioni speciali, per la cui forza associandosi scambievolmente quelli, che hanno tra loro una particolare analogia, si formassero quelle tali spezie di sostanze, cui fa d'uopo rimpiazzare nel vasto teatro del Mondo.

64. Oltre alla forza di attrarre, scorgonsi alcuni corpi esser dotati di una certa forza ripulsiva, maggiore, o minore, secondo le circostanze. Così due corpi elettrizzati ributtansi a vicenda, ugualmente che i due diversi poli magnetici: una quantità di acqua non s'incorpora giammai con un'altra quantità di olio; ed in simil guisa una goccia di acqua difficilmente si attacca alla superficie di un metallo ben levigato, e pulito, e molto meno ad un pezzo di cera, o di sego. Esponete varj ritagli di panni differenti all'aria aperta nel luogo stesso, in un mattino rugiadoso; e troverete, che alcuni di essi saran coperti intieramente di rugiada, laddove alcuni altri non ne avranno neppure una goccia sola: cosa, che succede ugualmente mettendo alla pruova differenti sorte di metallo. Ponete

te un ago sottile, e ben asciutto sulla superficie dell' acqua: la forza ripulsiva vedrassi operare in maniera, che allontanandosi l'acqua sensibilmente dai lati di quello, vi formerà una spezie di solco intorno intorno, e l'ago vi si manterrà a galla: il qual fenomeno si renderà vieppiù sensibile dalla cavità rimarchevole, che si formerà tutto all' intorno di una leggiera palla di legno, che poggiasse sull'acqua, oppur da quella, che forma il mercurio all'intorno di un pezzettino di ferro, che si faccia galleggiar su di esso. Immergete finalmente varj tubi capillari di vetro dentro il mercurio; e vedrete, che la colonna del medesimo contenuta nella cavità di quelli, si manterrà al di sotto della superficie del mercurio, che è al di fuori; ed una tal differenza di altezze sarà sensibile a segno, che uguaglierà talvolta due linee a un di presso; facendosi maggiore a misura, che si scema il diametro dei tubi. Il qual fenomeno essendo intieramente opposto a quello, che nei tubi stessi vien cagionato dall' acqua (§. 61.), dà un ragionevolissimo motivo di doversi riconoscere come un effetto di una forza ripulsiva.

65. I Newtoniani sostengono, che cotesta forza ripulsiva incomincia immediatamente al di là della sfera, diciam così, dell'attrazione, e quindi che principia a manifestarsi tostochè cessa la forza attrattiva: e comechè vi sieno alcuni, i quali giudicano esser coteste due forze intieramente diverse tra loro, vi sono però di quegli, a cui piace il credere esser elleno le medesime; e che la stessa forza attrattiva, che traendo da una parte, fa che due corpi si accostino a vicenda, traendo poscia più poderosamente dalla parte opposta, fa che si allontanino l'un dall'altro, manifestandosi così sotto l'aspetto di forza ripulsiva. Così l'argento, che sciolto dall'acqua forte, si manteneva per virtù di attrazione strettamente unito con quella, par che venga tosto rigettato, e precipitato al fondo del vaso, quando vi si versa del rame, da cui l'acqua forte viene attratta con forza maggiore (§. 56.). Il potere attrattivo più sensibile tra le particelle del mercurio, che tra queste, e il vetro, rendendo convessa la cima della colonna di un Barometro (§. 52.), fa sembrar che il mercurio sia po-

de-

derosamente ributtato dal vetro. Or siccome nulla si sa di certo intorno alla ragione di siffatte forze, contentiamoci di conoscerne gli effetti, e riguardiamo tutto il resto alla guisa di tante opinioni non ancora sodamente stabilite.

66. Ragionevolissimo è pertanto il supporre, che a coteste forze attrattiva, e ripulsiva, qualunque esse sieno, debbasi attribuire lo svapporamento dei fluidi, il bever che fa la radice i sughi nutritivi della terra, e quindi la loro salita sino alle più elevate cime degli alberi, e di ogni sorta di vegetabili; la diffusione delle particelle odorose dai corpi odorati; lo slancio della luce dai corpi luminosi; la formazione dei cristalli di certe determinate forme; lo scioglimento, oppur l' unione di parecchie sostanze; le precipitazioni chimiche; ed una infinita varietà di altri fenomeni, che sono forse i più meravigliosi della Natura, e i più profittevoli al genere umano. Dai medesimi principj si suol ripeter benanche dai Newtoniani la cagione della rarefazione, della compressibilità, ed elasticità di varj corpi; dappoichè come potrebbero le parti di un corpo separarsi a vicenda, ed occupare un maggior volume, ed in qual modo le parti compresse di un altro ritornar potrebbero di bel nuovo nella loro situazione primiera, senza l' ajuto di forze che le obbligassero ad allontanarsi e poi ad unirsi l'una coll' altra? Son questi per altro fenomeni molto astrusi.

67. Per poco che altri rifletta al mentovato fenomeno dei tubi capillari (§ 61), ed alla particolare attrazione che vien dimostrato esserci tra fluidi dello stesso genere dallo sperimento del § 59, gli si aprirà un campo da poter concepire in qualche modo sì la grande opera della separazione dei varj liquidi nel corpo animale, che quella della nutrizione. Il supporre, per esempio che dal medesimo sangue che circola in tutto il corpo, il fegato separi la bile, il pancreas l' umor pancreatico, le glandole dello stomaco il succo gastrico, le pituitarie il moccio, le parotidi la saliva, le sebacee un umore olioso, e così di mano in mano, perchè essendo le medesime conformate alla guisa di un filtro, lasciano passare soltanto a traverso della loro sostanza quelle particelle del sangue il cui diametro non oltrepassa quello dei lo-

loro pori, è cosa molto poco soddisfacente; conciossiachè osservasi coll' esperienza, che la carta, per cagion d'esempio, i cui pori sono così larghi, che lasciano passar liberamente l'acqua, non permettono che vi passi l'aria, siccome scorgesi mercè della macchina pneumatica. La carta, pei cui pori liberi passa a stento la luce, rendesi trasparentissima tostochè quelli si riempiono d'olio. L'acqua, che trapela pei finissimi interstizj di un masso di tufo o di terra addensata, non trova un libero cammino dentro un tubo capillare di un diametro assai maggiore. Che però è più ragionevole e più analogo all' esperienza il credere, che ciascheduna delle glandole imbevuta o inverniciata, per così dire, dell'umore analogo a quello che deve poi separare fin dal punto della formazione del corpo prosiegue in appresso ad attrar sempre dal sangue le parti dello stesso umore, lasciando passar liberamente le altre di diversa qualità e natura; nella guisa appunto che i tre lucignoli nello sperimento del §. 59 comechè tuffati tutti e tre in un miscuglio di liquidi differenti, attraggono ciascheduno un solo e particolar liquore, simile a quello di cui sono stati preventivamente imbevuti. La qual cosa si rende vieppiù credibile dal rilevarsi da fatti assai ovvj e variati (un gran numero dei quali legger si può presso Hallero), che tutti i diversi umori, i quali vengono separati nelle differenti parti del nostro corpo, trovansi già preventivamente belli e preparati nella massa del sangue. Vero è che si potrebbe opporre a questa opinione, che non v'ha umore nel feto il quale abbia le qualità, per esempio, di bile, di succo gastrico, di saliva, e del resto dei fluidi che vengon poi separati col crescer dell'età nelle varie glandole, ravvisandosi il tutto blando, acquoso ed insipido: ciò però non distrugge quel che si è da noi stabilito, bastando unicamente che la qualità di siffatti umori, quantunque blandissima, sia originalmente analoga a quella che da quel tale organo devesi separare col tratto del tempo. Forse la figura e la particolar conformazione dei condotti secretorj possono avere qualche influenza in siffatta operazione, del cui meccanismo, che è per altro molto incerto ed oscuro,

si è

si è cercato di rapportar qui la più plausibile opinione.

68. Corrispondentemente alle dottrine dichiarate di sopra, vi è similmente gran ragione di credere che la forza di attrazione contribuisca moltissimo a far sì, che le piccole boccucce dei vasi linfatici assorbiscano il chilo dagl' intestini alla guisa di tanti cubi capillari, per indi portarlo nel condotto toracico, e conseguentemente nel sangue per la vena succlavia; il quale umore per via di una infinità di altri piccioli vasellini va poscia a diffondersi e ad inaffiare, se così mi è permesso di dire, tutte le varie parti del corpo.

ARTICOLO VII.

Della Forza di Gravità, e delle sue Leggi.

69. Siccome abbiam veduto fin quì, che le piccole particelle onde componsonsi i corpi, attraggonsi a vicenda qualora sono vicinissime l' una all' altra; e prossime al contatto, così osservasi coll'esperienza, che i gran massi di materia, di cui si compon l' universo, si attraggono scambievolmente a distanze assai considerabili. Questa è quella che dicesi *Attrazione di Gravità*, riputata diversa dalle tre specie di attrazione fin qui rapportate. Siffatto meraviglioso potere, da cui dipende l'armonia di tutto l' Universo, e d'onde deriva la massima parte dei porrentosi fenomeni, che ci si manifestano alla giornata, fu ben conosciuto nella scuola di Anassagora, ugualmente che in quella di Democrito e di Epicuro, ove s' insegnò asseverantemente la generale propensione della materia verso centri comuni; alla quale idea si uniformarono poscia Copernico e Ticone. Fu ella però spinta più oltre dal sagace Keplero, il quale nudrì ferma opinione, che la detta universale forza attrattiva fosse reciproca in tutti i corpi, e che quella del sole e della luna si sporgesse fino alla terra, a segno che spiegò per virtù di essa il flusso e riflusso del mare ed altri fenomeni di simigliante natura. Il signor de Fermat, Roberval, Bacone

da

da Verulamio, ed altri, non si dipartirono da cotal sentimento. Merita però che si faccia su di ciò particolar menzione del signor Hook, letterato assai celebre dell' Inghilterra, il quale in una sua opera insigne pubblicata nel 1674, non solamente ragiona sulla forza di attrazione nei termini più precisi e più chiari, attribuendola anche ai pianeti che afferma perciò di attrarsi scambievolmente, ma si avanza fino a dire, che siffatto potere si va scemando a misura che si accresce la distanza dei corpi, comechè non ancora gli fosse riuscito di determinare secondo qual proporzione si facesse un tale scemamento. L'investigazione di cotesta legge fu avventurosamente riserbata allo spirito indagatore di Newton, mercè i cui lumi si è ella renduta una sorgente inesausta di tante altre scoperte, d'onde traggonsi alla giornata le conseguenze le più singolari, e nel tempo stesso le più conformi alle osservazioni.

70. Ove si ragioni della nostra terra, cotesta potenza di attrarre riguardasi come accumulata, per così dire, nel suo centro: quindi ne avviene che tutti i corpi lasciati liberamente cadere dall' alto, sforzansi tosto di scendere verso il centro di quella; e che i varj popoli della terra, ugualmente che le loro abitazioni, e tutti quegli altri corpi che hanno per appoggio la sua superficie, mantengonsi fermi nei loro siti sì al disotto che al disopra e tutti all' intorno della medesima, senza esserne violentemente sbalzati via in forza del moto di ruotazione di quella. Da un simile principio cioè a dire dal considerarsi la gravità dei Pianeti accumulata in un certo punto, ne nasce eziandio, che il Sole, e i rimanenti corpi celesti, mantengonsi equilibrati nelle loro rispettive distanze; del che prenderemo in appresso opportuno motivo di ragionare. Qui però non tralasceremo di dire, che anche nei gran massi di materia, i quali elevandosi notabilmente sulla superficie della terra si discostano assai dal centro di quella, la forza di attrazione si manifesta a un grado sensibilissimo. Potrebbonsi rapportare in comprova di ciò le fondate conghietture dei signori Cavendish, la Caille, Beccaria,

ria, Boscovick, ed altri celebri Osservatori, relativamente alle Alpi, ai Pirenei, agli Appenini ec., ma stimo meglio di dedurla dalle osservazioni autentiche praticate nel 1737 dai signori de la Condamine e Bouguer sulla montagna di Chimboraco nel Perù, la cui cima sollevasi dalla superficie terrestre per 2317. tese. Facendo eglino delle osservazioni sulle stelle con un quadrante di 2. piedi e mezzo, si avvidero in una maniera evidentissima, che il peso del filo a piombo di quello, e conseguentemente il filo medesimo, deviava 8 secondi dalla perpendicolare, mercè la forza attraente del monte: il qual deviamento sarebbe stato anche maggiore, se il seno del detto monte non avesse contenuto una cavità enorme per essere stato una volta la sede di un vulcano: imperciocchè quantunque la sua massa sia di 7400 milioni di volte più picciola della massa terrestre, nondimeno però la distanza del filo a piombo dal suo centro di gravità, era di gran lunga minore di quella che si frapponeva fra il filo medesimo e il centro della terra. Il celebre dottor Maskelyne, astronomo R. d'Inghilterra, essendo andato espressamente nella Scozia per fare delle osservazioni di tal natura sulla montagna di Schehallien, rinvenne chiaramente, che l'attrazione della medesima facea deviare il filo di sei secondi.

71. Cotesta forza di Gravità è un attributo così universale della materia, che non vi ha particella della medesima, per piccola che sia, la quale ne sia sfornita; onde è che non solamente si smentisce la falsa opinione dei Peripatetici, i quali supponevano darsi in Natura la *leggerezza* assoluta, ossia darsi dei corpi interamente scevri di Gravità, ma si deduce eziandio esser la detta forza proporzionale alla quantità della materia, altro non essendo la Gravità di un corpo se non se l'aggregato delle forze parziali, le quali competono ugualmente a ciascheduna delle minime particelle di cui egli si compone. Sì l'una che l'altra verità provansi ad evidenza colla macchina boyleana. Ed in fatti vi ha cosa che sembrar possa più leggera della fiamma e del fumo di una candela? Eppure, se messa una can-

de-

dela accesa in un recipiente della detta macchina, estrarrete l'aria da quella; vedrete che la fiamma, appianandosi, si dirigerà verso giù; e quindi che smorzata la candela, il fumo in vece di sollevarsi in alto, siccome fa nell' aria, cadrà immantinente sul fondo del recipiente: segno evidentissimo che la fiamma, e il fumo tendono anche essi a simiglianza di tutti gli altri corpi verso il centro della terra.

72. Che la Gravità sia proporzionale alla quantità della materia, sia pur qualunque il volume, oltre al riferito raziocinio, lo prova chiaramente il seguente sperimento. Si adatti alla macchina pneumatica un recipiente che abbia l'altezza di circa due piedi; e dopo di averne estratta l'aria, per quanto è possibile, vi si faccian cadere nel tempo stesso da cima a fondo due corpi di peso e di volume differentissimo, quali sarebbero, per esempio, un pezzo di piombo ed un pezzettino di carta. Osservando attentamente, vedrete che cadranno entrambi colla stessa velocità, talchè giungeranno al fondo tutti e due nel medesimo istante. Affinchè cotesti due corpi tanto disuguali fra loro nella densità, e nel peso, cadendo dalla medesima altezza, abbiano potuto giungere al fondo con ugual celerità e nello stesso punto, ciascuna delle loro parti ha dovuto esser tratta giù ugualmente, ossia collo stesso grado di forza; ma il numero delle medesime è maggiore nel piombo che nella carta; dunque la somma di tali forze, ossia la quantità totale della forza di Gravità ha dovuto esser maggiore in quello, che in questa. Supponendo in fatto, che nella carta vi fossero 4 particelle di materia, e nel piombo 50; se per trar giù il pezzo di carta ci sono bisognati 4 gradi di forza, è stato necessario d' impiegarsene 50 per trar giù il pezzo di piombo. Se dunque la somma delle forze impiegate per far discendere ciascuno dei detti corpi, uguaglia in ciascheduno di essi la somma delle loro particelle, ossia la quantità della materia, egli è pur troppo evidente, che la forza di Gravità è sempre proporzionale alla quantità della materia.

73. Uopo è dunque riguardar la Gravità come una forza, la quale operando di continuo ed ugualmente su ciascheduna delle minime particelle della materia, im-

imprime a ciascuna di esse uguali gradi di velocità; dimanierachè le parti componenti di qualunque corpo cadente considerar si possono come distaccate l'una dall'altra: imperciocchè siccome nel caso che fossero realmente tali, scenderebbero tutte colla medesima velocità, così essendo strettamente unite insieme, sono eziandio ugualmente veloci. Dal che deriva che la velocità ovvero la propensione a cader giù, impressa ai corpi da cotesta forza, non ha veruna dipendenza dalla grandezza di quelli; e quindi che è uguale sì nelle grandi che nelle picciole masse.

74. Che se poi scorgesi alla giornata, che diversi corpi lasciati liberamente cadere dall'altezza medesima, non arrivano tutti giù nel tempo stesso, ciò nasce unicamente dalla resistenza dell'aria che essi debbono superare nella loro discesa: la quale resistenza essendo respettivamente minore a misura che la massa del corpo è maggiore sotto lo stesso volume; ne segue che un corpo più pesante di un altro, quantunque di ugual volume, giugne a terra prima di quello comechè siensi fatti scendere ambidue dall'altezza medesima. Così dall'altra parte essendo maggiore la resistenza che si presenta ad un corpo, il quale abbia maggior volume di un altro, quantunque sieno uguali di peso; ne avverrà che il corpo più voluminoso arriverà giù più tardi di quello che ha minor volume. Non è dunque perchè le intrinseche velocità di cotesti corpi sieno disuguali, ma il vario grado di resistenza che essi incontrano, ciò che li fa discendere in tempi disuguali. Nè è cosa difficile l'intenderne la ragion qualor si rifletta, che la quantità di moto di un corpo, ossia l'impeto, mercè di cui supera egli la resistenza che gli si oppone, è il prodotto della propria massa per la sua velocità, come dimostreremo in appresso; onde è poi, che, date in due corpi le velocità uguali, quello di maggior massa, avrà una maggiore quantità di moto, e conseguentemente farà uno sforzo più efficace per vincere la resistenza dell'aria, cosicchè giungerà a terra più prontamente. Per la ragione medesima, avendo un corpo maggior volume di un altro, ma ugual massa con quello, qualor le velocità sieno uguali in ambidue, si uguaglieranno

ezian-

eziandio le loro quantità di moto; ma il più voluminoso poggiando su di un maggior volume di aria, avrà maggior resistenza da superare, e quindi arriverà a terra più tardi.

75. Dalle cose dichiarate nel §. antecedente, può rilevare il suo errore chiunque dall' aver veduto, che una libbra di piombo ed un pezzettino di carta, per esempio, cadono con ugual velocità sul fondo di un recipiente voto nella macchina pneumatica (§. 72), si fosse immaginato che siffatti due corpi dovrebbero produrre perciò il medesimo effetto in virtù della loro percossa. Imperciocchè quantunque le velocità sieno uguali in ambidue, pure la quantità di materia essendo assai maggiore in una libbra di piombo che in un pezzettino di carta, la quantità di moto di quella deve esser molto maggiore della quantità di moto di questo, e quindi i loro effetti debbono esser diversi dimanierachè la libbra di piombo sarà valevole a sfrantumare, cadendo, una palla di vetro, o altro corpo simigliante il quale non sarà in verun modo danneggiato dalla carta.

76. Essendo la forza di Gravità, siccome abbiam detto (§ 70), quasichè accumulata nel centro della terra, d'onde poi si diffonde tutta intorno secondo la direzione di altrettanti raggi tirati dal centro stesso; ne siegue per conseguenza, che tutti i corpi, i quali facciansi cadere liberamente dall' alto, vengono giù in direzioni perpendicolari alla superficie terrestre, tale essendo la direzione dei raggi prolungati al di là della superficie medesima, siccome apparisce dalla qui annessa figura. Questa verità, ch' è fondata sulla supposizione di esser la terra perfettamente sferica; ha- [Tav. I, Fig. 2,
bisogno di qualche modificazione, sul riflesso che essendo la terra uno sferoide schiacciato nei poli, e sollevato nell'equatore, siccome osserveremo a suo luogo, cotesti raggi perpendicolari alla sua superficie non si vanno a riunir tutti nel centro mentovato. Avuto però riguardo alla picciolezza di siffatta differenza, i Fisici senza tema di errare si avvalgono comunemente della supposizione della perfetta sfericità del nostro globo.

77. Lo stabilimento di questa verità ne trae seco un' altra per legittima conseguenza; qual è quella, che la

forza di Gravità è nella ragione inversa del quadrato delle distanze; che val quanto dire, che ella si va scemando a misura che cresce la distanza dal centro attraente, moltiplicata per se medesima. Quindi è che un corpo, il quale alla distanza, per esempio, di un piede era tratto con 24 gradi di forza, viene solamente tratto colla quarta parte di detta forza alla distanza di due piedi, colla nona parte alla distanza di tre piedi, colla sedicesima alla distanza di quattro piedi, essendo 4 il quadrato di 2, 9 il quadrato di 3, e 16 quello di 4. Su questo fondamento calcolò il Newton, che un corpo, il cui peso sulla superficie della nostra terra fosse di 3600 libbre, non peserebbe che una libbra sola nella luna, la cui distanza dalla terra è di 60 semidiametri terrestri; e quindi che il detto corpo lasciandosi di là liberamente cadere, sul bel principio del suo movimento discenderebbe per tanto spazio in un minuto primo, quanto ne scorrerebbe in vicinanza della terra nell'intervallo di un secondo. Questa è la legge, con cui veggonsi scemare tutte quelle virtù, che a guisa di tanti raggi diffondonsi all'intorno da un centro verso di una circonferenza; siccome si avvera nella luce, nel calore, nel suono, negli odori, ed in altre qualità sensibili di simigliante natura. Ed in fatti facendosi i raggi più divergenti a misura che si allontanano dal centro; una forza, che nella direzione di quelli si diffonde, deve essere più concentrata e più vigorosa in una picciola sfera che in una maggiore. Ma le superficie delle sfere sono come i quadrati dei loro raggi. Dunque la detta forza sarà più dispersa, e conseguentemente la sua efficacia si renderà minore, a misura che crescerà il quadrato del raggio ossia della distanza dal centro della sfera; che val quanto dire, che sarà nella ragione inversa del quadrato della distanza medesima. Tutto ciò si renderà più manifesto dall'annessa figura in cui supporremo, che F A G rappresenti una porzione di cotesta forza, diffusa alla guisa di un cono dal centro A. E' chiaro, che l'energia della medesima nelle distanze A B, A D, A F, sarà inversamente come le superficie B a C, D b E, F H G; scorgendosi

Tav. I. Fig. 2.

ad

ad evidenza; che i raggi A F, A I, A H, A K, A G, per cui ella si diffonde, sono più adensati ossia poco divergenti in BC, un poco più in DE, ed assai più in FG. Ma siffatte superficie sono come i quadrati dei loro diametri oppur dei loro raggi A *a*; A *b*, A H, che rappresentano le distanze dal centro A. Dunque non v'ha dubbio, che la mentovata forza sia nella ragione inversa dei quadrati delle dette distanze:

78. Riguardo poi alla Gravità di quei corpi che trovansi internati nel nostro Globo, in qualsivoglia punto tra la sua superficie e il centro, si è dimostrato da Newton, che la detta forza è in ragione diretta della distanza dal centro, vale a dire che va scemando nella ragione del raggio; dimodochè, supponendo che il semidiametro terrestre sia di 4 mila miglia una palla di cannone, il cui peso fosse di 36 libbre sulla superficie della terra, non ne peserebbe che 18 alla profondità di 2 mila miglia, e solamente 9 nella distanza di mille miglia dal centro, ove giunta resterebbe affatto priva di Gravità. La ragione di ciò si è, che a misura che un corpo si va internando dentro la terra, gli strati terrestri che gli sovrastano, non hanno più veruna azione sopra di esso per trarlo giù; sicchè scemandosi la massa della materia attraente, viensi a scemare parimente la forza della Gravità.

79. Non ostante però la diminuzione della Gravità al disopra della superficie a misura che si accresce il quadrato delle distanze; quando si tratta di distanze poco considerabili, come di uno, o due miglia, attesa la grande sproporzione che vi ha fra cotesto intervallo e il semidiametro terrestre, si suppone generalmente dai Fisici senza tema di errare, che la Gravità dei corpi sia la medesima in tutti i punti frapposti tra la detta distanza e la superficie della terra. Sulla qual supposizione sono fondati parecchi teoremi che riguardano le leggi della caduta dei gravi, siccome osserveremo a miglior luogo.

80. Vuolsi badare a non confondere la Gravità di un corpo col suo peso; per esser quella non altri che la forza, onde quel tal corpo è tratto giù verso il centro terrestre, sia qualunque il numero delle sue

parti; e questo la somma delle parti della sua massa, su cui la detta forza esercita il suo potere. Molto meno vuolsi confondere il peso colla propensione che ha il corpo di scendere verso il centro terrestre, che è un effetto della Gravità. Come in fatti una palla di cannone di una libbra ha 12 volte più di peso, che un'altra simile palla di un'oncia; ma non perciò la propensione, onde la prima è sollecitata a cader giù, è maggiore di quella della seconda (§ 73), siccome falsamente immaginò Aristotele; giacchè abbiamo veduto (§ 72), che giusta la famosa scoperta di Galilei l'effetto della Gravità è lo stesso sì ne' corpi grandi che nei piccioli, cadendo tutti con ugual velocità, qualora sien tolte le resistenze. Ora il peso di un corpo risultando dal numero delle sue parti (ossia dalla quantità di materia) e dalla somma delle velocità che competono a ciascheduna di esse, ne siegue esser egli uguale allo sforzo che convien fare, acciocchè il corpo non ubbidisca alla sua Gravità; e poichè la velocità prodotta dalla forza di Gravità è uguale in tutte le parti della materia ugualmente distanti dal centro terrestre, un tale sforzo sarà proporzionale alla sola quantità della materia. Dunque il peso dovrà esser ben anche proporzionale alla medesima, e si potrà nelle occorrenze sostituire a quella. Ognun comprende che qui si è inteso di ragionare della Gravità assoluta: imperciocchè trattandosi della relativa ossia della *Gravità specifica*, che caratterizza certe date specie di corpi a cui particolarmente compete, non v'ha dubbio, che la medesima non differisce dal peso; siccome quella che a tenore di ciò che si è dichiarato nei § 36 e 41, dipende dalla densità di quei tali corpi in un determinato volume, che val quanto dire dalla quantità di materia. Come in fatti qualor si dice che la Gravità specifica dell'acqua è a quella del mercurio come 1 a 13 $\frac{1}{2}$ a un dipresso, altro non si vuol intendere se non che, se un pollice cubico d'acqua ha il peso di un'oncia, un pollice cubico di mercurio pesa 13 once e mezza presso a poco.

81. Il procedere più oltre nell'investigazione di ciò

che

che vedesi seguire in Natura per virtù della Gravità richiede che si abbiano preventivamente alcune cognizioni riguardanti il moto; e perciò il giusto ordine ricerca che si differisca di ragionarne a miglior luogo. L' unica cosa, cui conviene osservare prima di lasciar questo soggetto, si è, che gli esperimenti sinora praticati non giungono a decidere se la Gravità sia una forza intrinseca al corpo, come sembra più verisimile, oppure venga originata da cagioni esteriori. La setta dei Gassendisti, seguendo le antiche tracce di Democrito, Leucippo, ed Epicuro, si attenne francamente al partito di riguardar la Terra qual calamita di enorme grandezza, la quale mercè di un immenso numero di piccioli atomi adunchi, che immaginò diffondersi dal suo seno, traesse a se con gran forza ogni sorta di corpi. Una idea però fondata interamente su di una semplice immaginazione aver non potea ai tempi nostri un numeroso stuolo di seguaci, e quindi andar dovea immancabilmente in disuso. La scuola cartesiana tien ferma opinione d'esser la Gravità l'effetto di un vortice enorme di fluido sottilissimo, il quale movendosi rapidamente intorno alla nostra terra giusta la direzion dell' Equatore, spigne i corpi a se sottoposti ed in esso racchiusi con notabile forza verso il suo centro, siccome credono avvenir di fatti alle bolle di aria, o ad altri corpi leggieri, collocati entro un globo di cristallo ripieno di acqua, i quali nell' atto che fassi quello rapidamente girare intorno a se stesso, veggonsi tratti ad occupare il suo centro. Altri fisici all' opposto considerando seriamente, che l'esistenza del preteso fluido cartesiano è del tutto ipotetica (§ 18), e che quando anche realmente esistesse nel modo immaginato, neppur dovrebbero i corpi tendere al centro della terra, giacchè nel rammentato sperimento del globo di cristallo i corpicciuoli ivi racchiusi vansi tutti a collocare lungo il suo asse, e non già nella direzione del centro cui costantemente sieguono i gravi; son portati a credere che i medesimi tendono a cader giù in forza di una legge generale provvidamente stabilita dal sapientissimo Autor dell' universo, senza di cui

sarebbono eglino efficacemente sbalzati lungi dal lor centro, e quindi dispersi qua e là senz'ordine e senza regola, per virtù della forza centrifuga, originata dal moto della terra. Or comechè siffatta opinione sia certamente fra tutte la più verisimile, volendo parlar tuttavolta con ingenuità filosofica, nopo è confessare che siamo affatto all' oscuro intorno alla vera natura di cotesta forza, e che i più sublimi Filosofi non sono su di ciò più veggenti del volgo. Di fatti il gran Newton non osò giammai di dichiarare il suo sentimento intorno a tal punto, contentandosi di aver conosciuti gli effetti della forza in quistione, e di aver felicemente indagate le leggi ond'essa li produce.

LE-

LEZIONE II.

Sul Moto.

82. Altro non si è fatto fin quì, se non se richiamare ad un breve esame quelle tali proprietà, le quali convenendo universalmente alla materia faceva assolutamente mestieri che se ne acquistasse una giusta idea, per ben intender le dottrine che sarem per esporre. Facciamoci ora a considerare un poco quelle leggi ammirabili, mercè di cui la materia provveduta delle anzidette proprietà cagiona l' infinita e stupenda serie di quei fenomeni che ci fanno scorgere l' ordine sapientissimo e la regolar connessione fra tutto ciò che esiste nell' universo. E poichè tutte siffatte cose vengonsi ad eseguire in virtù del moto, ragion vuole che il nostro esame prenda da esso il suo cominciamento.

ARTICOLO I.

Del Movimento in generale, e delle sue diverse specie.

83. Egli è affatto inutile il porsi a rifiutare gli argomenti di Diodoro Crono, oppure di Zenone, i quali facendo pompa di studiati sofismi, sforzaronsi di provare la non esistenza del moto; essendo noi generalmente persuasi, che i corpi *passando successivamente per diverse parti dello spazio, trasferisconsi realmente da un luogo in un altro*. Questo è ciò che dicesi *movimento*. Per potersi formare una giusta idea della sua natura, uopo è considerarlo sotto due aspetti diversi; cioè a dire nella natura dello spazio che viene percorso dal mobile, e nel rapporto di siffatto spazio al tempo che il mobile impiega nello scorrerlo.

lo. Avendo riguardo alla natura dello spazio, può il medesimo rappresentare una linea retta; oppure curva; e quindi nasce l'idea del moto *rettilineo*, ovvero del *curvilineo*; secondochè il mobile si concepisce scorrere per uno spazio che rappresenta una linea retta, ovvero una curva. Se poi si badi al rapporto che lo spazio corso dal mobile ha al tempo che ci ha quello impiegato nello scorrerlo, si avrà l'idea del moto *uniforme* ossia *equabile*, e del moto *difforme* ossia *variabile*. Si dirà uniforme quando il mobile descriverà spazj uguali in tempi uguali; laddove si dirà variabile nel caso che il mobile scorra, per esempio, in un istante, maggior quantità di spazio che in un altro. Il moto dell'indice dei minuti di un orivolo, che suppongasi avvanzare esattamente bene, riputar si dee uniforme, siccome quello che impiega sempre l'intervallo di un'ora per descrivere l'intero giro del quadrante. Al contrario il moto di una nave, nell'atto che la forza del vento che la spigne si va scemando a gradi, dicesi variabile; imperciocchè se nell'intervallo della prima ora avrà scorso lo spazio di cinque miglia, nella seconda ora e nella terza non ne scorrerà che uno, o due.

84. Questa varietà di movimento può farsi in due maniere; cioè a dire, o perchè il mobile impiega maggior tempo nello scorrere la stessa quantità di spazio che ha scorso nel primo istante, o perchè impiega tempo minore. Nel primo caso il moto si dirà *ritardato*, e nel secondo *accelerato*; e siccome siffatta diminuzione, oppur siffatto accrescimento di celerità far si possono in una maniera uniforme, così il movimento dirassi *uniformemente ritardato*, o *uniformemente accelerato*.

85. Dal rapportare la quantità dello spazio scorso al tempo impiegato nello scorrerlo, nasce l'idea della *velocità*; dicendosi che un corpo è più veloce di un altro, per aver quello impiegato minor tempo di questo per iscorrere lo stesso spazio. La velocità dunque si può definire, *essere una proprietà del moto, mercè di cui un corpo scorre un dato spazio in un dato tempo*.

86. Siccome la miglior maniera per concepire il tempo

pò si è quella di ridurlo alla considerazione del moto, così fra le varie specie di movimento il moto equabile è quello che ci rappresenta nella maniera più naturale non men l'idea del tempo, che l'esatta sua misura, siccome quello che si concepisce scorrer sempre equabilmente.

87. Oltrechè porta qui il pregio di osservare che il moto equabile vien cagionato da un solo e semplice impulso; qual sarebbe, per esempio, quello della polvere accesa in un cannone per virtù del cui impeto la palla, spinta fuori si muoverebbe con un moto equabile, nel caso che si rimuovessero tutti gli ostacoli, e la palla stessa fosse priva di gravità. Il moto accelerato per lo contrario vien prodotto da un impulso che prosiegue costantemente ad operare sul mobile, com'è appunto la mentovata forza di gravità, siccome osserveremo in appresso.

88. Vi è finalmente un'altra maniera di poter considerare il moto; e questa consiste, o nell'aver riguardo unicamente al luogo assoluto, che dal corpo si occupa, o nel paragonare un tal luogo con quello che si occupa da un altro corpo. Da questi due differenti riflessi viene originata la divisione del moto in *assoluto*, e *relativo*. Un uomo, per esempio, che è a bordo di una nave che veleggia, dicesi muoversi assolutamente, se si badi soltanto al luogo che la nave, in cui egli si ritrova, va cambiando in ogni istante, laddove si dice muoversi relativamente, qualora si rifletta alla distanza che va di mano in mano crescendo, o scemando, fra il luogo in cui egli è, e gli oggetti che stanno sul lido. Quel che si è detto del moto, intender si dee parimente della quiete, che dicesi in simil guisa *assoluta*, o *relativa*; e che combinata col moto delle stesse denominazioni, ci offre delle nozioni più particolari, riguardanti la dottrina di cui si ragiona. Di fatti un uomo che stia seduto dentro di una carrozza tirata attualmente da cavalli, comechè stia in riposo rispettivamente alle parti della carrozza, si muove però assolutamente, passando di continuo da una parte dello spazio in un'altra. Quesso è lo stato di coloro che trovansi seduti sulla terra: sono eglino relativa-

vamente in riposo nell' atto che muovonsi assolutamente per cagion del sito che la terra fa loro cambiare nel vasto spazio mondano per virtù del suo giornaliero ed annuo movimento. Colui d'altra parte, che si ponesse a viaggiare dall' Occidente verso l' Oriente, verrebbesi a movere non meno assolutamente, che relativamente; imperciocchè nell' atto ch' egli cangerebbe luogo in rapporto agli oggetti terrestri col suo moto particolare, muterebbe anche il luogo assoluto per cagion del moto della terra secondo la stessa direzione. Finalmente se potesse scorrere il tertestre equatore nello spazio di un giorno, andando da Levante verso Ponente, e non avesse la Terra, che il suo moto diurno; starebbe egli assolutamente in riposo, e si muoverebbe con moto relativo, conciossiachè quantunque muterebbe sempre luogo per rapporto agli oggetti terrestri coll' andar da Levante verso Ponente, pure aggirandosi la terra con moto contrario nello stesso intervallo di 24 ore, non gli farebbe giammai cambiare il luogo assoluto.

89. E' cosa agevolissima il dedurre alcune altre interessanti conseguenze dalle idee del moto relativo. Può un mobile considerato rispettivamente ad un altro, muoversi o secondo la medesima direzione con quello, o secondo direzioni contrarie. Sì nell' uno che nell' altro caso, non si può percepire da noi la vera velocità: giacchè nel primo si percepisce soltanto la differenza che passa fra la velocità dell' uno e quella dell' altro: nel secondo si percepisce la somma di ambidue. Questa è la ragione, per cui la velocità relativa dicesi anche *apparente*, a differenza dell' assoluta che si denomina velocità *vera*. Per rischiarare questa verità con un esempio, supponghiamo che due amici partano contemporaneamente da Napoli per andare a Portici in due differenti carrozze, una delle quali essendo più veloce, scorra lo spazio di cinque miglia in un'ora, e l' altra quello di tre. E' chiaro che rapportando il moto della prima carrozza a quello della seconda, colui ch' è dentro la prima, non si accorgerà di avere scorso cinque miglia a capo di un'ora; nè quegli che è nella seconda, si accorgerà di avere scorso tre; ma l' uno e l' altro percepiranno soltanto

la

la differenza di due miglia, che passa tra le loro velocità; che val quanto dire, che la persona della prima carozza si accorgerà di avere preceduto di due miglia la carrozza che gli vien dietro; e la persona della seconda, di essere discosta due miglia dalla prima. Dal che apparisce che la velocità relativa di due corpi che si muovono secondo la stessa direzione, si percepisce sempre minore della vera.

90. Nel caso poi, che la detta differenza di velocità non ci fosse, i due corpi in movimento, i quali si rapportano l'uno all'altro, sembrerebbero a vicenda di essere in riposo. Questo è il caso di due carrozze, oppur di due navi, che colla stessissima velocità procedono innanzi, l'una accanto all'altra secondo la medesima direzione. Similmente due persone che fossero racchiuse in una carrozza, o in una nave, senza riguardare gli oggetti esteriori, crederebbero di stare in riposo, quantunque la nave, o la carrozza si movesse velocemente. Questa è finalmente la ragione, per cui quantunque la terra si rivolge costantemente intorno al suo asse nello spazio di 24 ore, pure non ci accorgiamo del suo movimento; imperciocchè facendo noi parte della terra, ed essendo trasportati all'intorno colla medesima, non v'ha fra essa e noi veruna differenza di velocità, e quindi possiam dire di essere in un relativo riposo.

91. Per lo contrario se una delle mentovate carrozze partendo da Portici, e l'altra da Napoli, andassero all'incontro l'una dell'altra colle supposte velocità di 5 e di 3 (§ 89); ad ambidue coloro, i quali troverebbonsi dentro coteste carrozze, apparirebbe di muoversi colla velocità di otto, ch'è la somma di tutte e due le velocità. Ciocchè fa vedere che la velocità relativa di due corpi, che si muovono in direzioni contrarie, comparisce sempre maggiore della vera. Ecco la ragione, per cui passando talvolta in carrozza a lato di un'altra, che si muove in direzione opposta, ci sembra che quella corre assai velocemente; ond'è, che per avere la velocità vera della medesima, convien sottrarre dalla velocità di entrambe quella della nostra. In simil guisa correndo contro il vento, che altro non è che un volume di aria in moto; oppur navigando

ver-

verso il Nord quando la marea corre verso il Sud, risentiamo la loro velocità e la loro forza, assai maggiori di quelle che sono in realtà. Abbiasi dunque per fermo, che la velocità vera e reale non si può giustamente da noi percepire, se non quando siamo in un assoluto riposo.

ARTICOLO II.

Del Moto equabile, ossia uniforme.

92. Tra le varie specie di moto antecedentemente annoverate, il movimento equabile, ossia uniforme, è il più semplice fra tutti, variando gli altri in infinite maniere a norma della diversità delle circostanze. Uopo è riflettere però che il moto medesimo quantunque si concepisca agevolmente col mezzo dell'immaginazione, non siegue forse giammai in natura, per cagione del gran numero e della gran varietà degli ostacoli che tendono a disturbarlo di continuo. Ciò non ostante porta il pregio di rapportare qui alcuni pochi teoremi che lo riguardano, i quali esser possono, anzi sono effettivamente, di grandissimo uso in parecchie occorrenze.

93. Il primo di cotesti teoremi si è, che nel movimento uniforme il tempo si accresce a misura che si aumenta lo spazio; laddove si diminuisce a misura che cresce la celerità. Dal che ne siegue che in siffatto moto *il tempo è nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall'inversa della celerità.*

94. Il secondo teorema è questo. La velocità si aumenta a misura che si aumenta lo spazio, ma si scema con accrescere il tempo. Dunque nel moto uniforme *la velocità è nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall'inversa del tempo.*

95. Finalmente l'ultimo teorema si è, che lo spazio si accresce sì per virtù dell'aumento del tempo, che di quello della velocità. Per la qual cosa lo *spazio* riputar si dee *nella ragione composta dalla ragion diretta, non meno del tempo, che della velocità.*

96. Quindi ne siegue per legittima conseguenza,

1.° che movendosi due corpi uniformemente durante lo stesso intervallo di tempo, gli spazj da essi descritti saranno nella ragione delle loro velocità; talmentechè correndo due cavalli con moto uniforme per lo spazio di un' ora, ed uno di essi andando con sette gradi di velocità, e l' altro con cinque, il primo scorrerà sette miglia; e l' altro ne scorrerà cinque.

97. In secondo luogo, nel caso che due corpi, procedendo con moto uniforme, abbiano la medesima velocità, gli spazj, che da essi si scorreranno, saranno tra loro come i tempi. Ciò è il rovescio dell' antecedente: ed è facile l' adattare ad esso l' esempio rapportato.

98. In terzo luogo finalmente, se due corpi trascorrano lo stesso spazio con moto uniforme, i tempi che v' impiegheranno, saranno nella ragione inversa delle loro velocità. Così nel caso che due cavalli correndo uniformemente, corrano ambidue lo spazio di venti miglia, e la velocità di uno sia a quella dell' altro come 3 a 4; il primo c' impiegherà l' intervallo di quattr' ore, e l' altro, quello di tre.

99. Dalle quali cose si deduce che qualora sieno date due delle rapportate quantità, che abbiamo detto essere lo spazio, il tempo e la velocità, ci viene ad essere nota anche la terza. Supponendo dunque in primo luogo, che il tempo, e la velocità fossero già noti, basterà il moltiplicare l' un per l' altro per avere lo spazio espresso dal prodotto. Così dato che uno dei due cavalli abbia corso pel tratto di due ore colla velocità come 4, e l' altro abbia corso per tre ore colla velocità come 6; lo spazio corso dal primo sarà di otto miglia, e quello del secondo di 18; tali essendo i prodotti di 2 per 4; e di 3 per 6.

100. In secondo luogo, essendo dato lo spazio, e data la velocità, si fa noto il tempo con dividere i due dati l' un per l' altro. Due cavalli che sappiamo aver corso, uno lo spazio di 8 miglia colla velocità come 2, e l' altro lo spazio di 18 miglia colla velocità come 3; dividendo 8 per 2; e 18 per 3, si troverà che il primo ci avrà impiegato l' intervallo di quattro ore, e l' altro quello di sei, tali essendo i quozienti di 8 diviso per 2, e di 18 diviso per 3.

101. Essendo dati in ultimo lo spazio ed il tempo, si fa nota la velocità col dividere l'un per l'altro. Che però se un corriere abbia corso 50 miglia nello spazio di cinque ore, ed un altro 48 miglia nell' intervallo di sei ore, segno è che il primo ha corso colla velocità come 10, e il secondo colla velocità come 8: essendo 10 il quoziente di 50 diviso per cinque, ed 8 il quoziente di 48 diviso pet sei.

ARTICOLO III.

Delle Forze morrici, e della maniera di misurarle.

102. Tutte le mentovate sorte di movimenti vengono a prodursi per virtù di una certa forza (sia qualsivoglia la cagione che la produce), mercè di cui i corpi che la possegono, o superano la resistenza che loro si oppone, o premono soltanto contro gli ostacoli, qualora i medesimi sono invincibili. Nel primo caso la forza si rende manifesta per via del moto che eccita nei corpi; ma nel secondo, quantunque siffatta forza sollecitando continuamente i corpi a muoversi, ecciti in ogni istante una velocità infinitamente picciola, che può chiamarsi elementare, pur tuttavolta viene la medesima immediatamente estinta da un ostacolo che non si può in verun modo da quella superare. Questo è il caso, per esempio, di una lumiera che stia sospesa alla soffitta di una galleria; oppur di un mazzo di carte, che stia sopra di un tavolino. L' una e l' altro vengono continuamente forzati a cader giù dalla forza di gravità; ma le impressioni di questa forza vengono incessantemente contrastate e distrutte dal cordone che tien sospesa la lumiera, e dal tavolino su cui poggia il mazzo di carte. Non potendo dunque siffatta forza produrre alcun effetto sensibile, se le dà con ragione il nome di *forza morta*. Fate che si recida il cordone e che si distrugga (supponghiam così) il tavolino; sì la lumiera, che il mazzo di carte, cadranno giù immediatamente; e la forza, da *morta* che ella era producendo sensibilmente il suo effetto col porre quei ta-

tali corpi in moto, si convertirà in *forza viva*, il cui valore, ugualmente che quello della forza morta, calcolar si dee con moltiplicare la massa del corpo che la possiede per la velocità con cui si muove, oppur tende a muoversi. Questo è stato sempre il sentimento di tutti i fisici sul riflesso che la forza, di cui si ragiona, altro effetto non produce, se non se quello d'imprimere al corpo, in cui si trasfonde, un certo grado di celerità: e poichè il medesimo in ciascheduna delle minime particelle onde il corpo è composto, ugualmente si distribuisce e si diffonde, come è naturale l'immaginarlo; chiaro si scorge che l'effetto divisato, e quindi la cagione che lo produce misurar si dee con moltiplicare la velocità di cotesto corpo pel numero delle sue parti; che val quanto dire, per la sua quantità di materia.

103. Non fu questa però l'opinione del sagacissimo Leibnizio, il quale avendo immaginata la riferita distinzione tra le forze morte e le vive, fu il primo a dichiarare che quantunque le prime calcolar si dovessero moltiplicando la massa per la semplice velocità, ossia per la velocità *iniziale*, facea d'uopo nondimeno, che le seconde si valutassero con moltiplicare la massa pel quadrato della velocità; tale essendo il risultato che si avea da indubitati sperimenti. Ed in fatti, facendosi un corpo cader liberamente nel voto, acquista una velocità tale nel fine della sua caduta, che in forza della medesima potrebbe risalire alla stessa altezza, da cui è disceso. Or poichè coteste altezze sono tra loro come i quadrati della velocità, siccome farem vedere in appresso aver dimostrato il Galilei; uopo è affermare, dice Leibnizio, che le forze, da cui un tal effetto vien prodotto, sieno eziandio nella medesima ragione.

104. Oltracciò, lasciando da parte tutti gli altri sperimenti di tal genere, che sono ben molti, rapporterò soltanto quello che fu praticato dal degnissimo mio precettore il defunto marchese Poleni, valorosissimo difensore di siffatta opinione. Se vi sieno due globi di ugual volume, uno dei quali avendo la massa come 1, facciasi cadere dall'altezza di quattro piedi, e l'altro, la cui massa sia come 4, si faccia cadere dal-

l'al-

l'altezza di un piede (tutti è due al disopra di una sostanza cedevole qual sarebbe per esempio, il sego), vi formeran due fosse perfettamente uguali fra loro; ciocchè non dovrebbe seguire, dicea egli, se le loro forze calcolar si dovessero per le semplici velocità moltiplicate per le masse. Imperciocchè essendo le velocità come le radici delle altezze, siccome dimostreremo a miglior luogo; la velocità acquistata dal primo globo sarà come 2 (radice di 4), e quella del secondo sarà come 1 (radice di 1). Ora il prodotto di 2 per 1 (che sono la velocità e la massa del primo globo) non è uguale al prodotto di 1 per 4 (velocità e massa del secondo): laddove per lo contrario i mentovati prodotti saranno uguali, se in vece di adoperare nella moltiplicazione le semplici velocità, si faccia uso del quadrato di quelle.

105. Ecco impertanto due partiti in campo, nei quali essendosi impegnati soggetti di gran valore, sì dall' una che dall'altra parte, ne venne originata un'aspra contesa che è dutata pressochè per lo spazio di un secolo, e si sono scritti tanti volumi, che il leggerli anche alla sfuggita richiederebbe gran tempo. Sono degne di essere esaminate tra le altre le dissertazioni del celebre Eulero, che trovansi insetite nelle Memorie dell' Accademia di Berlino, e quelle che scritte da varj celebri Autori, veggonsi registrate nelle Transazioni Anglicane e nelle Memorie dell' Accademia delle Scienze di Parigi. E quantunque siasi creduto che una disputa di questa sorta abbia fatto vergogna alla meccanica, non è però da dissimularsi di essere stata cagione che si facesse un gran numero di nuovi ed ingegnosi sperimenti, e che s'inventassero e sciogliessero nel tempo stesso parecchi bellissimi problemi, a cui forse non si sarebbe neppur pensato in altro caso.

106. Chi crederebbe però che siffatta contesa, in cui si son vedute occupate sì dotte penne, si riduca unicamente ad una pura specolazione? Eccovi brevemente al fatto di tutto, non convenendo ad un fisico, che si occupa soltanto a rintracciare verità che esser possano profittevoli, perdere il tempo in cose affatto inutili e puramente metafisiche. Tutti e due i par-

partiti convengono nei fatti, dimodochè se si desse loro un problema da risolvere, riguardante un tal punto, il risultato sarebbe lo stesso, sì calcolando la forza pel quadrato della velocità, che per la semplice velocità moltiplicata per la massa. Tutto il divario adunque consiste nella spiegazione che essi danno di cotesti fatti. Nel caso dei due globi, proposto di sopra (§ 104), uno dei quali cadendo dall'altezza di quattro piedi, abbia il peso di un'oncia, e l'altro cadendo dall'altezza di un piede, abbia il peso di quattr'once; ambidue i partiti convengono, che le fosse da essi formate, debbono essere uguali: differiscono però in questo, cioè a dire, che i Leibniziani attribuiscono un tale effetto interamente ed unicamente all'intensità della forza posseduta dai due globi, senza avere alcun riguardo al tempo che siffatti corpi impiegano nel discendere dalle varie altezze, e quindi nel consumare la loro forza; laddove i loro avversarj lo vogliono cagionato non solamente dalla forza anzidetta, ma eziandio dal tempo, durante il quale cotesta forza esercita il suo potere. Se il globo di un'oncia, cadendo dall'altezza di quattro piedi, scender potesse nell'istesso intervallo di tempo, in cui il globo di quattr'once scende dall'altezza di un piede; le fosse da essoloro formate non sarebbero uguali (dicono essi); imperciocchè i tempi essendo uguali, gli effetti sarebbero come le forze che sono disuguali; per esser noto, che l'effetto è il prodotto della forza moltiplicata pel tempo. Ma poichè il globo di un'oncia per iscender giù dall'altezza di quattro piedi, deve necessariamente impiegare il doppio di tempo, che impiegasi dal globo di quattr'once per esser le loro velocità come 2 ad 1 (§ 104); ne siegue per conseguenza, che deve operare pel doppio di tempo prima di poter consumare la sua forza, e quindi dee produrre un effetto doppio di quello che la medesima forza produrrebbe nel caso che operasse per la metà del tempo soltanto; essendo certissimo, che la forza di un grado, la quale operi per lo spazio di due minuti, cagiona un effetto uguale a quello che si produce dalla forza di due gradi, la cui operazione duri un minuto. La sem-

plice velocità dunque avvalorata dal tempo, è quella che fa produrre ai detti globi, effetti uguali a quelli che risulterebbero dal valutare la loro forza secondo il quadrato della medesima velocità, siccome affermano i Leibniziani.

107. Lo stesso intender si dee dell' argomento del § 103, dedotto dal corpo cadente. Gli spazj che esso descrive, sì nel calare, che nell' ascendere, sono i prodotti della velocità e dei tempi (§ 93); ma i tempi nel caso proposto sono come le velocità. Dunque gli spazj descritti, ossia le altezze, saranno come i quadrati della velocità, quantunque la forza posseduta dal grave sia soltanto come la semplice velocità.

108. Affin di sviluppare in una maniera più filosofica, e quindi porre nel maggior lume possibile siffatta idea dei Cartesiani, relativamente al tempo che pretendono dover entrare nel calcolo delle forze vive, fa mestieri supporre due palle A e B, di ugual massa (per esempio, del peso di una libbra), le quali si facciano muovere sul piano orizzontale C D E F con diverse velocità; cioè a dire, A con un sol grado di velocità, e B con due. Supporremo eziandio esser uguale lo sfregamento, ossia la resistenza del piano, su cui scorrer debbono coteste due palle. Ciò premesso misuriamo la forza motrice di ciascheduna secondo l'antico modo, che val quanto dire con moltiplicare la massa per la semplice velocità, e vediamo ciò che ne segue. Avendo B una libbra di massa e due gradi di velocità; il suo moto sarà come 2; laddove il moto di A sarà come 1, prodotto di una libbra di massa, e di un grado di velocità. Or egli è agevole il concepire che il moto di B, essendo doppio in intensità respettivamente a quello di A, avrà parimente doppia durata. Che però facendo partire coteste due palle da due punti corrispondenti per trasferirsi verso G e verso H; nel medesimo intervallo di tempo che A giungerà a 1, B per cagione della sua doppia velocità giungerà a 2, per essere in questo caso gli spazj come le velocità (§ 96). Inoltre se la palla A giunta che sia ad 1, si porrà in riposo; essendo il moto di B, siccome abbiam detto, doppio

Tav. I. Fig. 3.

an-

anche in durata di quello di A, la palla B dopo di esser giunta a 2, proseguirà a muoversi; nè si porrà in quiete, se non dopo di avere scorso altrettanto di spazio; cioè a dire, dopo di esser giunta a 4. Dunque lo spazio descritto da B sarà quadruplo di quello di A, quantunque la forza di B fosse doppia soltanto di quella di A.

109. Ritorniamo un po' indietro col pensiero, e supponghiamo che muovendosi le mentovate due palle elastiche colla velocità di 1 e di 2, s'imbattano in altre due simili palle di ugual massa, R ed S, esistenti nel medesimo piano orizzontale C D E F. E' naturale l'immaginare, corrispondentemente alle cose fin qui dette, che la palla B avendo doppia velocità di A, farà doppio sforzo contro la sua palla corrispondente S, nel medesimo istante di tempo, che A ne farà un solo contro R, per essere la sua velocità come uno. Attese le quali cose niuno stenterà a concepire che la palla S avendo avuto, diciam così, due impulsi, ed R un solo; quando le due palle A e B resteranno prive di moto dopo l'urto, S sarà dotata di un movimento, il quale siccome sarà doppio di quello di B in intensità, avrà benanche doppia durata; dimanierachè quando queste due palle giugneranno allo stato di riposo l'effetto totale del movimento della prima si ritroverà quadruplo di quello della seconda, comechè la forza di quella non fosse che doppia della forza di questa. E se la palla B in vece di avere doppia velocità di A, l'avesse tripla, o quadrupla, farebbe un triplo, o quadruplo sforzo contro la sua palla corrispondente; e quindi il moto impresso da B avrebbe tripla, o quadrupla durata di quello che sarebbe impresso da A; e così del rimanente. Il rapportato esempio adattato ai casi particolari, che addur sogliono i Leibniziani in comprova della loro opinione, sarà valevole a disciferarli efficacemente, ed a far vedere che i risultati di qualunque sperimento sono perfettamente d'accordo colla dottrina di coloro che valutano le forze vive a similianza delle morte.

110. Attese impertanto le cose dette finora, rilevasi ad evidenza che i seguaci di Leibnizio, avendo riguar-

do agli effetti prodotti dalle forze motrici, indipendentemente da ogni altra circostanza, valutano le forze medesime a norma di tali effetti; laddove i Cartesiani per lo contrario considerano il valore di siffatte forze, qual è realmente in loro medesime, che val quanto dire, la loro intensità; e riguardano gli effetti ch' esse producono, come il risultato non solamente delle forze, ma eziandio del tempo, durante il quale esse operano: il qual tempo facendo sì che le forze, di cui si ragiona, possano ripetere, per così dire, la loro azione, le fa comparire maggiori e più poderose di quel che realmente sono in se stesse.

111. Ed in fatti chi mai potrà persuadersi che uno stesso corpo dotato della stessa velocità, aver debba in se maggiore, o minor forza, a tenore che variano le circostanze e le qualità di oggetti, che sono del tutto estranei per rapporto a quello? E pure così andrebbe la cosa, seguendo l'opinion di Leibnizio. Se una palla di cannone del peso di una libbra, essendo spinta con 5 gradi di celerità, incontrasse un muro che non cedesse al suo impeto; la palla non farebbe altro che percuoterlo, e quindi la sua forza sarebbe forza morta (§. 102). Che però valutandola con moltiplicare la massa della palla per la semplice velocità; riuscirebbe uguale a 5. Facciamo che cotesto muro, in vece di essere un ostacolo invincibile, venga rovesciato dalla palla: in tal caso essendo la forza della medesima una forza viva, converrebbe calcolarla con moltiplicare la sua massa pel quadrato della velocità, che sarebbe 25. Sicchè dall' essere l'ostacolo vincibile, o invincibile, si fa sì che la forza intrinseca di cotesta palla sia ora come 5, ed ora come 25. Cosa per verità, che non può sembrare se non che un puro paradosso a chiunque ci vorrà alquanto seriamente riflettere.

ARTICOLO IV.

Della quantità del Moto.

112. Abbiam fatto vedere fin qui, che la forza onde s'imprime il moto ad un corpo, calcolar si dee con moltiplicare la sua massa per la semplice velocità, giusta la più ricevuta opinione. Ora dunque vuolsi osservare che il prodotto della velocità di un corpo moltiplicata per la sua massa, è ciò che dicesi propriamente *Quantità di moto*, e con altro nome *Momento*. Sicchè a buon conto abbiamo stabilito che le forze motrici misurar si debbono dalla quantità di moto ch'esse son capaci di far produrre ai corpi che animano: ed è chiaro che siffatta quantità di moto rilevar si dee dalla massa del corpo che la possiede, moltiplicata per la sua velocità; scorgendosi dalla esperienza che la quantità di moto si altera in un corpo a misura che la sua massa, o la celerità, soffrono del cangiamento; dimodochè accrescendo, o scemando la massa di quello, facendogli ritenere la medesima velocità, si accresce, oppur si scema la sua quantità di moto, nella guisa stessa ch'ella si aumenta, oppur si scema, con accrescere, o diminuire la sola velocità, rimanendo la medesima massa. Alterandosi dunque la quantità di moto proporzionalmente all'alterazione della velocità, ovver della massa; ed altro non essendoci in un corpo in moto che possa produrre l'impeto salvocchè la massa e la semplice velocità ugualmente distribuita nelle parti di quella; chiaro si scorge doversi valutare la quantità di moto di un corpo moltiplicandone la massa per la semplice velocità; nella guisa appunto che si ha l'aja di un rettangolo con moltiplicare due de'suoi lati l'un per l'altro; giacchè l'uno, o l'altro, divenendo maggiore, o minore, si accresce, o si diminuisce l'aja suddetta.

113. Dall'essere il momento ossia la quantità di moto di un corpo, il prodotto della sua quantità di materia, ovver della massa moltiplicata per la sua ve-

locità, ne derivano parecchie utilissime verità come altrettante legittime conseguenze, le quali ci fan rilevare il rapporto che v'ha tra le quantità di moto di corpi differenti. La prima delle medesime si è, che le quantità di moto di due corpi sono tra esse nella ragion composta sì delle loro masse, che delle loro velocità; ond' è, che il momento di A, per esempio, che ha 5 libbre di peso, e 3 gradi di velocità, è al momento di B, il cui peso è di 6 libbre, e la velocità di 2 gradi, come 15 a 12; tali essendo i prodotti di 3 per 5, e di 6 per 2.

114. Fingendo in secondo luogo, che i mentovati corpi A e B abbiano le loro velocità in ragion reciproca delle masse; le quantità di moto saranno uguali tra loro. Come in fatti avendo il corpo A 2 gradi di velocità, e 4 parti di materia; ed essendo la velocità di B come 4, e la massa come 2; la quantità di moto sarà di 8 gradi in ambidue, per esser questo il prodotto sì di 2 per 4, che di 4 per 2. Questa regola riguardar si dee come il principio fondamentale della scienza della meccanica, la quale insegna, siccome vedremo a suo luogo, a superare grandissime resistenze col mezzo di piccole masse, avvalorate però da una considerabile velocità.

115. Dato in terzo luogo, che due corpi abbiano uguali masse, le loro quantità di moto saranno come le loro velocità. Imperciocchè supponendo A e B, di ugual peso, cioè a dir di 4 libbre, ed avendo A la velocità come 2, e B come 3; il momento di A sarà come 8, e quello di B come 12. Ora ognun vede, che 8 sta a 12, come la velocità di A sta a quella di B, ossia come 2 a 3.

116. Che se poi siffatti corpi avessero uguali velocità, ma disuguali masse, le loro quantità di moto sarebbero come le masse. Ciò non ha bisogno di esempio. E nel caso che cotesti corpi fossero omogenei, come a dire oro ed oro, ferro e ferro, le loro quantità di moto sarebbero nella ragione delle loro grandezze, giacchè queste sarebbero come le quantità di materia. Così le quantità di moto di due palle di puro argento, le cui grandezze avessero la medesima

pro-

proporzione di 2 a 4, quando la velocità fosse di 5 gradi in ciascheduna di esse sarebbero come 10 a 20; ch'è la ragione delle loro grandezze. Che anzi in qualunque altro caso di simil natura, tutte le volte che i corpi sono omogenei, si potrà liberamente sostituire la loro grandezza alla lor quantità di materia.

117. Finalmente siccome moltiplicando la velocità per la massa, si ha la quantità di moto nel prodotto, così dividendo il momento per la massa, il quoziente esprime la velocità. Di fatti nel caso del § 113, dividendo 15 per 5, che sono il momento e la massa di A, si avrà 3 nel quoziente, qual era realmente la sua celerità. Dividendo in simil guisa 12 per 6, cioè a dire il momento di B per la sua massa; la sua velocità 2 si troverà espressa dal quoziente di una tal divisione.

118. Da tutto ciò si rende chiaro parimente come l'urto di una piccola quantità di materia si possa talvolta efficacemente sostituire a quello di un enorme masso, il quale si faccia muovere con una data velocità. Per far ciò, non si avrà a far altro, se non se dare al picciol corpo un grado tale di velocità, che superi di tanto la velocità dell'altro di quanto la massa di questo eccede la massa di quello: che val quanto dire, che bisogna far in modo che le velocità de' suddetti due corpi sieno reciprocamente come le loro masse. Così la forza di un gran sasso che pesi mille libbre, ma che operi con 10 gradi di velocità, può essere uguagliata dalla forza di un martello, che avendo sole 10 libbre di peso, opera colla velocità di mille gradi. Questo è ciò che pratichiamo alla giornata colle palle di cannone, a cui dando, mercè l'azion della polvere, velocità tale da poter iscorrer talvolta 2900 piedi in un secondo, facciam sì, che vadano a produrre in una muraglia quelle rovine che a mala pena gli antichi potevano cagionare con infinito stento in virtù delle loro baliste e de' loro gravi arieti; i quali essendo mossi a forza di braccio di un gran numero di uomini, quantunque avessero una smisurata grandezza, erano spinti tuttavolta con tenue velocità. In parecchi altri

ordegni poi, alle cui parti non si può compartire un eccedente velocità, si pratica tutto il rovescio; conciossiachè per avere una notabile quantità di moto, si accresce considerabilmente la loro quantità di materia. Lo scorgiam praticato alla giornata nei laboratorj di varj artefici, specialmente in alcuni particolari generi di grandi trafile, le quali abbisognando di una gran forza, vi si adatta una pesantissima ruota di metallo per muovere il rotame, e quindi sollevar le tanaglie. Nei filatoj ed in altri simili ordegni che girano, si soglion guernire di piombo i fuselli per farli girare con maggior forza, e quindi superar più agevolmente l'attrito e la resistenza dell'aria. Mirate una donniccinola che fila, ed osservate com' ella aggrava il suo fuso del verticillo, o fusajolo, che dir si voglia, per farlo girar con violenza; e come poscia ne lo sgrava tostochè il filo, che gli è avvolto intorno, rendelo pesante al segno che conviene.

119. Prima di lasciar questo soggetto, torna molto in acconcio di osservare, che quantunque due corpi diversi abbiano la stessa quantità di moto, pure gli effetti prodotti per virtù del loro urto esser possono differentissimi. Nello sparo di un cannone, la quantità di moto che si genera, è la medesima sì nella palla ch' è spinta fuori, che nel cannone, attesa l'uguaglianza e contrarietà dell'azione e riazione, di cui si ragionerà in appresso. Ciò non ostante, la palla è capace di farsi strada per lo traverso di un muro, e il cannone non fa altro che rinculare un poco. Dal che vuolsi dedurre in generale, che i piccioli corpi dotati di gran velocità sono molto propri per isquarciare in pezzi quegli altri che essi percuotono; e che i gran massi forniti di picciola velocità sono più atti a scuoterli. La ragione si è, che operando il picciol corpo con velocità tale, che superar possa la natural coerenza di quello, contro di cui urta, ne separa conseguentemente le parti in tempo sì picciolo, che non può il suo moto comunicarsi al rimanente del corpo; laddove operando il gran masso con velocità insufficiente a vincere la mentovata coerenza, a motivo della lentezza con cui opera, si dà tempo che il moto si comunichi alle altre parti

ti del corpo urtato, onde vien quello scosso nell' intera sua mole. Scorgesi ciò ad evidenza tirando un colpo di fucile contro una banderuola da vento, oppur contro di una porta che si muova liberamente intorno ai suoi cardini. Se la carica sarà poderosa, la palla traverserà la banderuola, oppur la porta, senza che nè l' una nè l' altra si muovano d'un pelo dalla situazione in cui erano; laddove percuotendosi tutt'è due con un gran masso di piombo dotato di una picciola velocità; quantunque la parte di esso, ond' esso urta, sia conformata in modo che non ecceda in grandezza la palla del fucile, pure il moto si comunicherà alle parti di quelle, talmentechè farà girar l'una intorno alla proprìa asta, e l' altra intorno ai suoi cardini, senza poterle attraversare per alcun verso. Questa osservazione può esser di grand' uso in parecchie occorrenze, e specialmente nel caso che vogliansi abbatter muraglie, oppure antichi edifizj, le cui parti sien molto tenaci, siccome avvien non di rado. Per potervi ben riuscire, non torna conto il far uso di strumenti, i quali dotati di picciola massa, operino con una considerabile velocità, ma gioverà moltissimo il servirsi dell'urto di massi grandi, comechè la loro velocità sia minore, coll'avvertenza di dar sempre il secondo colpo prima che svanisca l'impressione, ossia il tremore cagionato dal primo; conciossiachè riuscirà agevolmente di rovesciare, ed abbattere, coi colpi successivi, quel ch'è stato già scosso mercè degli urti antecedenti.

ARTICOLO V.

Degli Ostacoli che si presentano al moto.

120. Comechè siasi avanzato nel § 4 esser la mobilità un attributo che compete a tutti i corpi, sia qualunque la lor grandezza e figura; tuttavolta gioverà quì di avertire, che non ogni sorta di corpo è ugualmente atta al moto, e che i medesimi presentano una maggiore, o minor resistenza alle forze che gli sollecitano a muoversi, a norma delle diverse lo-

loro qualità e delle varie circostanze. Or facendo un po' di riflessione, egli è agevole il rilevare che siffatte qualità e circostanze ridur si possono con ragione alle seguenti; cioè a dire, alla varietà della figura dei corpi; alla diversità della loro superficie; alla differenza della loro densità, e finalmente alla varia resistenza dei mezzi.

121. Affin di assicurarcene col fatto, ponghiamo su di un tavolino orizzontale e ben levigato, una sfera, un cilindro, un cubo, o anche più corpi dello stesso peso, ma di figura diversa. Cerchiamo di porli in moto, e vedremo che una picciolissima forza sarà sufficiente a muovere la sfera; che per muovere il cilindro, converrà far uso di una forza un po' maggiore; e che il grado di questa dovrà aumentarsi anche di più per poter muovere il cubo. E quando un tal moto si sia già comunicato a tutti in ugual grado, sarà egli più durevole nella sfera, un poco meno durevole nel cilindro, ed assai meno nel cubo: le quali differenze di moto non vengono originate da altro, siccome ognun si avvede, se non che dalla diversità della figura dei mentovati corpi.

122. Che se d'altronde il detto tavolino fosse scabroso in vece di esser levigato: lo stesso grado di forza, che ha messi in moto gli anzidetti corpi nel caso proposto, non sarebbe ora sufficiente a moverli di bel nuovo, talmentechè satebbe necessario aumentarla. Ciò si rileva similmente dal vedere, che messe due sfere di ugual peso su di un piano ben levigato, una delle quali abbia la superficie perfettamente liscia, e l'altra scabrosa, è assai più facile porre in moto la prima, che la seconda. Dunque la maggiore, o minor disposizione al moto dipende eziandio dalla varietà della superficie dei corpi.

123. Vuolsi intender lo stesso della loro differenza in densità, scorgendosi ad evidenza, che due sfere, per cagion di esempio, di diversa gravità specifica (quali sarebbero in realtà se una fosse di legno e l'altra di piombo), non sono ugualmente atte ad essere mosse; e che la forza per muover la sfera di piombo, convien che sia maggiore di quella che si richiede per muover la sfera di legno. Per esser di

ciò

ciò intimamente convinto, basta risovvenirsi che tutti i corpi son dotati della forza d'inerzia; e che la medesima è sempre proporzionale alla quantità della materia (§ 46), ossia alla densità dei corpi sotto lo stesso volume.

124. Finalmente è noto ad ognuno non potersi un corpo trasferire da un luogo in un altro senza imbattersi per cammino in altri corpi, sieno solidi; o fluidi, i quali si oppongono più, o meno, al progresso del suo movimento. Sì negli uni, che negli altri, siffatta resistenza viene originata o dalla natural coerenza delle parti che converrebbe vicendevolmente separare per render libero il detto cammino, o dalla semplice inerzia di quei corpi che debbono far luogo a quello che è in moto. Un lumiuoso esempio della resistenza del primo genere ci vien somministrato da una zeppa che si sforza a farsi strada per lo traverso di una piccola fenditura, che vi fosse in un pezzo di legname; come altresì da un corpo qualunque, il quale fosse spinto dentro una quantità di mele, di olio, o di altro liquido simigliante, le cui parti trovansi fornite di una viscosità naturale: laddove la resistenza del secondo genere ci viene indicata evidentemente da quei corpi che essendo spinti dentro l'aria, il mercurio ed altri fluidi di tal natura, le cui parti scorrono liberamente l'una sull'altra, talchè la coerenza si può riguardar come nulla, non hanno a superare altra resistenza, se non quella che loro presenta la naturale inerzia delle parti medesime. Di questa indole sono quei fluidi, nel mezzo dei quali si eseguiscono i movimenti più rimarchevoli che si fanno nell'universo (ad eccezione dell'acqua, le cui particelle veggonsi dotate di un certo grado di coerenza, che può per altro negligersi); e per tal motivo ci restringeremo ad esaminare unicamente questa sorta di resistenza: e poichè la medesima scorgesi costantemente soggetta ad alcune leggi, giovetà quì il comprenderle nelle tre proposizioni che seguono.

125. La prima di queste proposizioni si è, che se uno stesso corpo, movendosi colla medesima velocità, passa successivamente dentro fluidi diversi, la re-

resistenza che in essi incontra, è proporzionale alla loro densità. Imperciocchè a misura che il fluido è più denso, contiene un maggior numero di parti nello stesso volume: e poichè la forza d' Inerzia abbiam veduto esser proporzionale al numero delle parti, ossia alla quantità della materia, ne avverrà che il corpo in moto, imbattendosi in mezzi più densi, incontrerà maggiore inerzia da vincere; e quindi dovrà proporzionatamente superare una maggior resistenza.

126. In secondo luogo, movendosi due corpi simili, come a dire due sfere, due cubi, o due prismi, per entro allo stesso mezzo, col medesimo grado di velocità; le resistenze che essi v'incontreranno, saranno proporzionali alla loro superficie. La ragione di ciò si è, che non potendo un corpo scorrere dentro un fluido senza scacciare successivamente dal suo luogo un volume dello stesso fluido uguale al suo; ognun vede che la quantità di un tal volume deve crescere a proporzione che divien maggiore la superficie del mobile. Ma un maggior volume di uno stesso fluido in se contiene un maggior numero di parti, e conseguentemente è dotato di maggior forza d'inerzia, di quel che sia un volume minore. Dunque la resistenza che il mobile incontrerà nello scorrer per entro a quello, sarà proporzionale alla sua superficie: e quindi in due corpi simili, le cui superficie fossero disuguali, sarebbe eziandio proporzionale alle medesime.

126. Dall' esser siffatta resistenza, nel caso di corpi simili, proporzionale alle loro superficie, ne segue, che queste essendo uguali, si uguaglieranno benanche le resistenze: ciò non ostante però, l'effetto da essi prodotto potrebbe non esser uguale; conciossiachè la disuguaglianza delle masse cagionar potrebbe una quantità di moto maggiore nell' uno, che nell' altro. Così due uguali palle, una delle quali fosse d' oro, e l' altra di ferro, traversando l' aria colla medesima velocità, incontrerebbero in quella ugual resistenza; ma questa sarebbe superata con maggior efficacia dalla prima, che dalla seconda, per cagione della sua maggior densità. Questo si è appunto il caso del quale si è ragionato nel § 74.

128. Dato finalmente, che uno stesso corpo venga spinto per entro allo stesso mezzo con differenti celerità; la resistenza che gli verrà opposta da quello sarà proporzionale ai quadrati di siffatte celerità. Per rimaner persuasi di una tal verità, supponghiamo che una palla di moschetto sia spinta nell'acqua con due gradi di velocità; cioè a dire, con velocità tale, che le faccia scorrer due piedi in un secondo di tempo: è certo che cotesta palla non potrà farsi strada per lo traverso dell'acqua senza scacciare dal loro luogo due piedi della medesima nell'intervallo di un secondo, nè un tale scacciamento potrà seguire senza che la palla comunichi a cotesti due piedi d'acqua una velocità uguale alla sua. Or due piedi di acqua, dotati di due gradi di velocità, hanno una quantità di moto uguale a 4 (§ 112), a cui conseguentemente si uguaglierà la resistenza che essi opporranno alla palla; ma 4, che è la resistenza, è il quadrato di 2, che è la velocità. Dunque non vi ha dubbio, che le resistenze opposte dallo stesso fluido ad uno stesso corpo, che vi scorre dentro con differenti velocità, sono sempre proporzionali ai quadrati delle velocità medesime.

129. In simil guisa se la palla stessa fosse spinta nel medesimo fluido con 4 gradi di velocità, scacciar dovrebbe quattro piedi di esso in un dato tempo; e quindi dovrebbe comunicar loro 4 gradi di velocità. In tal caso la quantità di moto di cotesta quantità di fluido, e conseguentemente la resistenza, sarebbe come 16; il qual numero, siccome ognun sa, è il quadrato di 4, che esprime la velocità, con cui si è spinta la palla.

130. Dalle cose fin quì dette deduconsi, come legittime conseguenze, due metodi agevolissimi per poter calcolare le resistenze respettive, che s'incontrano da due, o più corpi, i quali si muovano nello stesso mezzo, oppure in mezzi di differente densità. Se due globi A e B, per esempio, si muovan tutti e due dentro l'acqua: le respettive resistenze che essi vi incontreranno, saranno come il prodotto della superficie di A moltiplicata pel quadrato della sua celerità; al prodotto della superficie di B, anche moltiplicata pel

qua-

quadrato della sua celerità. Quindi supponendosi di 2 piedi la superficie di A, e di 4 quella di B; se la velocità del primo sia di 3 gradi, o la velocità del secondo di 5; la resistenza che incontrerà A, sarà a quella di B, come 18 a 100; tali essendo i prodotti di 2 per 9, e di 4 per 25.

131. Supponghiamo da altra parte che i medesimi due globi A e B, vengano separatamente spinti colle medesime velocità di 3 e 5, dentro a due fluidi, uno de' quali abbia 4 gradi di densità, e l'altro 6; le respettive resistenze, che loro si opporranno, saranno come il prodotto della superficie di A pel quadrato della sua celerità, moltiplicato per la densità del fluido, in cui si muove, al prodotto della superficie di B pel quadrato della sua celerità, moltiplicato per la densità del fluido a se corrispondente. Così il prodotto di 2 per 9; (ossia 18) moltiplicato per 4, ch'è la densità del primo fluido, dà 72 nel prodotto; e quello di 4 per 25 (ossia 100) moltiplicato per 6, ch'è la densità del secondo fluido, dà per prodotto 600: dal che ne siegue, che la resistenza del primo globo sarà a quella del secondo, come 72 a 600.

LE-

LEZIONE III.

Delle Leggi di Moto, e di alcune Teorie immediatamente connesse con quelle.

132. Siccome ho sempre riputato necessarissimo per formar bene la mente dei giovani, il far loro conoscere i principj, da cui le verità immediatamente dipendono, e far loro scorgere nel tempo stesso l'ammirabile connessione delle cagioni e dei fenomeni, e quindi la prodigiosa semplicità, onde l'ordine delle naturali cose si regge e si conserva; a misura che andrò annoverando le leggi del Moto, tratterò benanche di quelle dottrine che colle leggi medesime sono intimamente connesse. Per la qual cosa avran quì ragionevolmente il lor luogo le forze centrali, le teorie riguardanti i corpi celesti, e il flusso e riflusso del mare; come altresì il moto composto e l'urto scambievole dei corpi, che per ordine di Natura colle stesse mentovate leggi sono immediatamente congiunte.

ARTICOLO I.

Della prima Legge di Moto, e quindi delle Forze centrali.

133. Per poter pienamente comprendere le dottrine che sarem per esporre, fa mestieri richiamare alla memoria ciò che si è detto altrove (§ 45) sulla forza d'inerzia. Questa forza, che è un principio puramente passivo, è produttrice feconda di effetti, non altrimenti che l'Attrazione e la Ripulsione, che sono principj attivissimi. Come in fatti le tre Leggi di Moto, dette altrimenti *Leggi di Natura*, perchè competono universalmente a tutti i corpi che esistono nell'universo, dipendono interamente dallo stesso prin-

ci-

cipio. Furono esse stabilite da Newton; e la prima è la seguente.

134. *Ogni qualunque corpo, sia in riposo, sia in movimento, persevera naturalmente nello stato di quiete, oppur continua a muoversi uniformemente in linea retta, finattantochè non venga disturbato da quello stato da cagioni esteriori.* Come in fatti essendo la materia naturalmente scevra di ogni qualunque attività, è chiaro che siccome non può muoversi da se quando sia in riposo, così d'altra parte non può da se arrestare il suo moto in veruno istante, qualora si trova esser in movimento. Deve ella dunque continuare indifferentemente nello stato in cui è; ed essendo in moto non v'ha ragione, per cui debba alterare la sua velocità, oppur la direzione. Ecco impertanto il motivo della continuazione del movimento dei progetti, per la cui investigazione tanto si affaticarono gli antichi Fisici senza profitto.

135. Da ciò rendesi eziandio evidentissimo, che ogni qualunque movimento è per sua natura uniforme e rettilineo. E' uniforme, perchè non potendo la materia in moto alterare la sua velocità, deve necessariamente percorrere spazj uguali in tempi uguali: è rettilineo, perchè non potendo il mobile cambiare da se la sua direzione, uopo è che prosiegua a muoversi secondo la direzione, ricevuta originalmente, ossia nel primo istante del suo movimento, il quale concependosi determinato verso di questo, o di quel punto, eseguir si dee lungo una retta che a quel punto conduce.

136. Per la qual cosa non si durerà fatica a persuadersi, che ogni qualunque movimento; il quale si faccia per una curva, deve necessariamente esser prodotto almeno da due forze, una delle quali spinga il mobile secondo una direzione rettilinea, e l'altra operando continuamente sul mobile stesso, l'obblighi in ogn' istante ad abbandonare l'anzidetta direzione, dimodochè gli faccia descrivere un poligono d'infiniti lati, ciascun dei quali è per altro una linea retta; ond'è poi, che appena cotesta forza cessa di operare, quel tal mobile lasciando di descrivere la curva incominciata, prosiegue a muoversi secondo la direzio-

zione di una linea retta, che è tangente a quel punto della curva, ove il mobile si ritrovava quando la forza estranea cessò di operare. Serviamoci dell' esempio di una pietra che facciasi rivolgere intorno intorno mercè di una fionda. Se nell' atto che ella si ritrova nel punto B della sua rivoluzione, a cui vien determinata dalla mano A, che la tira a se di continuo, si lasci scappare un capo della fionda, talchè la pietra non sia più soggetta all' azion della mano; lascierà di muoversi per la curva B D, e proseguirà il suo moto per la retta B C che tocca la curva nel punto B, ove era la pietra quando ella si sottrasse all'azione della mano. La qual cosa accader deve ugualmente nei punti D, F, H, ed in qualunque altro, che sul cerchio D B H si potrebbe assegnare. Si scorgerà lo stesso fenomeno, gettando dell' acqua in piccioli zampilli sulla circonferenza di una ruota che si aggira velocemente intorno al suo asse; imperciocchè sarà quella lanciata con impeto grande dalla ruota nella direzione di tante linee rette, che saranno tangenti ai varj punti della circonferenza della ruota medesima, su cui l' acqua si fa cadere. Tav. I. Fig. 4.

137. Avendo tutti i corpi, che rivolgendosi in giro descrivono una curva, una natural propensione a muoversi giusta la direzione delle tangenti a quella curva; ed essendo i varj punti di coteste tangenti più distanti dal centro del moto di quel che sieno i punti della curva stessa; si comprende ad evidenza, che tutti i corpi mentovati posseggono una forza che tende sempre ad allontanarli dal centro del movimento. Quindi è che la medesima si denomina *centrifuga*, a differenza dell' altra, onde gli stessi corpi vengono tirati e ritenuti verso il centro, a cui si dà perciò il nome di *centripeta*; comechè tutte e due insieme unite dicansi con comune vocabolo *Forze centrali*. Questa verità rendesi evidentissima col far girare velocemente intorno intorno un secchietto pieno di acqua, che si tenga sospeso ad una corda, nell' atto che il capo opposto della medesima vien ritenuto dalla mano. Non ostante la forza di gravità, che sollecita l' acqua a cader giù, premerà ella vigorosamente contro il fondo del secchio in tut-

ti i punti della sua rivoluzione, e per tal cagione non se ne verserà neppure una goccia: e nel caso che si faccia un foro nel fondo divisato, l'acqua scapperà fuori con impeto per lo traverso di quello in direzioni anche contrarie a quella della gravità, e quindi sarà spinta nella direzione delle tangenti, siccome si è già dichiarato.

138. La prima cosa che si presenta alla considerazione intorno alle Forze centrali si è, che date le altre cose uguali, sono elleno maggiori, o minori, proporzionalmente alla quantità della materia. Imperciocchè altro non essendo la forza centrale di un corpo, se non se il risultato delle forze parziali, onde è provveduta ciascuna delle particelle, di cui esso è composto; ne segue per conseguenza, che siffatta somma deve esser maggiore, qualora è maggiore il numero delle parti, ed al contrario; e quindi, che ella è proporzionale alla massa. Legate successivamente in cima a una corda una pietra, supponghiam di tre once, indi un' altra di sei once, e finalmente una di una libbra; e preso in mano il capo opposto, farele girare, una per volta, con ugual celerità a guisa di fionda: osserverete che la mano dovrà fare un picciolo sforzo per poter ritenere la pietra di tre once; che lo sforzo dovrà esser maggiore per ritener quella di sei once; e finalmente che egli sarà il massimo per ritener la pietra di una libbra. Ciò si conferma eziandio evidentemente per via di un altro sperimento. Se dentro di un tubo di vetro pongansi varj corpi di diversa gravità specifica, come a dire un pezzo di sughero, una palla di piombo, ed un pezzetto di legno; e quindi riempiutolo di acqua, e messolo in una posizione alquanto inclinata, facciasi girare intorno orizzontalmente mercè di una macchina destinata a praticare cotal sorta di sperienze, si scorgerà che la palla di piombo, la quale prima occupava il fondo del tubo, salirà in cima di quello; che il pezzetto di legno si manterrà verso il mezzo; e finalmente, che il pezzo di sughero si terrà vicino al fondo del tubo, corrispondentemente alla diversa quantità di materia contenuta in siffatti corpi.

139.

139. In secondo luogo coteste forze sono sempre uguali fra loro. Supponghiamo in fatti che la pietra B ritenuta da una fionda si rivolga per la curva circolare E B D. Seguendo ciò per effetto della forza centripeta, giacchè altrimenti la pietra spinta dalla sola forza di projezione, scapperebbe via lungo la tangente B C; cotesta forza considerata nel suo stato nascente verrà espressa da B D: nel qual caso l' effetto, o la misura della forza medesima, sarà rappresentata dalla perpendicolare C D, siccome quella che esprime lo spazio, per cui la pietra discostandosi dalla detta tangente è caduta giù verso il centro A del suo moto in quel primo istante, in cui ha descritto l' arco B D. Suppongasi da altra parte, che la forza centripeta anzidetta cessi di operare nell' atto che la stessa pietra B si ritrova nel punto B della sua rivoluzione, è chiaro dalle cose fin qui dette, che nell' istante medesimo ubbidendo ella alla forza centrifuga, e lasciando perciò di descrivere la curva B D, incomincierà a muoversi per la tangente B C. Concependosi similmente questa forza nel suo stato nascente, verrà espressa da B D: allora C D esprimerà lo spazio per cui la pietra B si allontana dalla curva B D in virtù della forza centrifuga. Se dunque il potere sì della forza centripeta, che della centrifuga, viene espresso dalla retta C D, non vi ha ragione per cui si possa dubitare della uguaglianza delle forze medesime. Tav. I. Fig. 6.

140. Convien sapere in terzo luogo, che le forze centrali sono come i quadrati degli archi descritti in un dato tempo, divisi pei rispettivi diametri di quei tali cerchi; dimanierachè supponendo, che i due corpi uguali A, *a*, si rivolgano uniformemente intorno ai cerchi disuguali A B E, *a b e*; la forza centrale del primo sarà a quella del secondo, come il quadrato di A B diviso per A E, al quadrato di *a b* diviso per *a e*. Affin di rimanere pienamente persuaso di una tal verità, suppongasi che i due corpi A, *a*, nel primo istante infinitamente picciolo del loro movimento, descrivano gli archi nascenti A B, *a b*. Abbiam veduto nel § 139, che gli spazj trascorsi da questi due corpi per virtù delle forze centrali, vengono Tav. I. Fig. 6.

espressi dalle perpendicolari alle tangenti, C B, *c b*, Per la qual cosa essendo i corpi uguali, ed il moto uniforme, siccome abbiam supposto da principio; i movimenti saranno tra loro come C B a *c b*, che sono gli spazj descritti; nella qual ragione saranno ben anche le forze, da cui siffatti moti sono stati prodotti. Tirando dai punti B, *b*, le rette B D, *b d*, paralelle alle tangenti A C, *a c*; le porzioni A D, *a d* del diametro essendo uguali a C B, *c b*, prender si potranno in lor vece. Ma A D, *a d*, sono i seni versi degli archi A B, *a b*; i quali archi per essere nel loro stato nascente, nulla differiscono dalle loro corde, ed oltre ciò la natura del cerchio è tale, che il seno verso di qualunque arco è uguale al quadrato della corda divisa pel diametro. Dunque le forze centrali dei mentovati corpi A, *a*, venendo espresse da A D, *a d*, saranno tra loro come il quadrato di A B diviso per A E, al quadrato di *a b* diviso per *a e*, siccome si era proposto; oppure come il quadrato di A B diviso per A F, al quadrato di *a b* diviso per *a* F; per essere i diametri fra loro come i raggi.

141. Essendosi l' anzidetto movimento dei corpi A, *a*, supposto uniforme, è chiaro che gli archi descritti in un dato tempo sono tra loro come le velocità dei mentovati due mobili (§ 96). Che però sostituendo cosiffatte velocità agli archi A B, *a b*; le forze centrali saranno nel detto caso come il quadrato della velocità del corpo A diviso per A E, al quadrato della velocità del corpo *a* diviso per *a e*. Dal che si deduce, che se un Pianeta, per cagion di esempio, rivolgendosi in una determinata orbita, venisse per avventura a raddoppiare la sua velocità, converrebbe assolutamente, che la forza centrale si aumentasse del quadruplo per poterlo ritenere, essendo 4 il quadrato di 2.

142. Movendosi due corpi in due cerchi uniformemente, le velocità saranno direttamente come i raggi, ed inversamente come *i tempi periodici*, che sono i tempi che essi impiegano nel fare le loro intere rivoluzioni. Imperciocchè la velocità essendo determinata, il tempo periodico deve esser proporzionale alla circonferenza: essendo ben chiaro, che ci bisognerà

mag-

maggior tempo per iscorrere una circonferenza maggiore con una determinata velocità, che per iscorrerne una minore. D' altronde essendo determinata la circonferenza, il tempo periodico sarà inversamente come la velocità; vale a dire, che ci vorrà maggior tempo a misura, che la velocità è minore, ed al contrario. Finalmente non essendo determinata nè la velocità, nè la circonferenza, il tempo periodico sarà nella ragion diretta della circonferenza, e nell'inversa della velocità, che val quanto dire, come la circonferenza, oppure il raggio (essendo i raggi come le circonferenze) diviso per la velocità: conseguentemente la velocità sarà come il raggio diviso pel tempo periodico; attesochè in ogni divisione il dividendo diviso pel quoziente, esprime il divisore. Illustriamo questa verità con un esempio, giacchè dovremo farne uso ragionando del moto dei corpi celesti. Suppongasi il raggio, ossia la circonferenza A B E per cui si rivolga il corpo A, uguale ad 8, e la velocità uguale a 2: dividendo 8 per 2, il quoziente 4 esprimerà il tempo periodico impiegato da A nel descrivere quel cerchio. La circonferenza *a b e*, su cui si aggira il corpo *a*, oppure il suo raggio suppongasi uguale a 6, e la velocità uguale a 3: il quoziente 2 esprimerà il tempo periodico di *a*. Or dividendo il raggio 8 (che è il dividendo) pel tempo periodico 4 (che è il quoziente), si avrà il quoziente 2 uguale alla velocità del corpo A, ossia al divisore: siccome dividendo il raggio 6 del tempo periodico 2, il quozienre 3 sarà uguale alla velocità di *a*. Procedendo più oltre nel sostituire altre espressioni alle fin quì proposte; e prendendo il raggio diviso pel tempo periodico in vece della velocità; si avrà la forza del corpo A a quella di *a*, come il raggio A F diviso pel quadrato del tempo periodico di A, al raggio *a* F diviso pel quadrato del tempo periodico di *a*. Tav. I. Fig. 6.

143. Movendosi un corpo per una curva qualunque per virtù di una forza, che tenda costantemente ad un punto, che sia dentro di quella, come ad un centro; se da varj punti degli archi di quella curva, nei quali il mobile successivamente si ritrova, si tirino

altrettante linee rette, che vadano ad unirsi in quel centro, i vani contenuti nei triangoli così formati saranno proporzionali ai tempi impiegati dal mobile per descrivere i detti archi; che val quanto dire: *che le aje descritte dal mobile nelle accennate circostanze, saranno proporzionali ai tempi*. Suppongasi perciò, che il mobile A venga projettato lungo la retta A C con una forza tale, che possa descrivere lo spazio A B nel primo istante di tempo. In tal caso, passando il raggio vettore da R A in R B, descriverebbe l'aja A R B nel tempo divisato. Or egli è chiaro, che se una tal forza di projezione si lasciasse operare con libertà, il mobile A in virtù della rapportata prima legge di moto (§ 134) correrebbe nel secondo istante la retta B C uguale ad A B; e quindi descriverebbe l'aja B R C uguale ad A R B; imperciocchè avendo questi due triangoli le loro basi A B, e B C uguali; ed oltreciò la comune altezza R X; sono uguali tra essi. Ma poichè vien egli nel tempo stesso tratto giù verso R dalla forza centripeta (che supporremo uguale a B S); sarà conseguentemente obbligato a descrivere la retta B D in vece di B C, oppur di B S, siccome si dimostrerà a suo luogo; ond'è che descriverà l'aja B R D in luogo di B R C. Il fatto si è, che queste due aje sono parimente uguali tra loro siccome quelle, che avendo B R per base comune, trovansi collocate fra le due parallele B R e C D. Per la qual cosa l'aja descritta nel primo istante sarà uguale a quella che si è descritta nel secondo. Giunto il mobile in D, procederebbe per la tangente D E (§ 136); ma poichè tratto dalla forza centripeta verso R, sarà forzato, come nell'istante antecedente, a scorrere il sentiere D F; di maniera che descriverà l'aja D R F in vece di D R E: le quali due aje non solamente sono uguali tra se, per aver la base comune R D, e per esser situate fra le paralelle D R ed E F; ma si uguagliano eziandio all'aja antecedente B R D, a motivo dell'uguaglianza delle basi B D, D E, dei due triangoli B R D, D R E, e della loro altezza comune. Finalmente ritrovandosi il mobile A nelle medesime circostanze, in tutti gli istanti che sieguono, descriverà uguali aje in ciascheduno di essi.

Tav. I. Fig. 7.

Egli

Egli è dunque fuor di dubbio, che movendosi un mobile per una curva in virtù di una forza centripeta; *le aje, che descrive, sono proporzionali ai tempi*. Questa è la prima famosa legge, detta comunemente *Kepleriana*, per essere stata scoperta dal celebre astronomo Keplero: legge ammirabile e feconda di conseguenze interessantissime, come in appresso osserveremo.

144. Invertendosi cosiffatta proposizione, non si vien punto ad alterare la sua veracità; dimodochè supponendo, che un corpo movendosi lungo una curva intorno ad un punto immobile, descriva le aje proporzionali ai tempi, sarà segno evidentissimo, che verrà egli tratto da una forza centripeta verso quel punto. Come in fatti il mobile A, che descrivendo aje proporzionali ai tempi, si trova nel secondo istante nel punto B, deve necessariamente esser tratto verso R secondo la direzione B S parallela a C D, per poter procedere lungo la retta B D; siccome per iscorrere lungo D F, deve esser tratto giù per D Q parallela ad E F; e così in appresso: ciocchè dimostrerassi ampiamente nell'articolo primo della Lezione quinta qualora ragioneremo del moto composto. Or tutte queste rette B S, D Q, ec. tendono al centro R. Dunque il supposto mobile, che gira intorno a un tal centro, vien tratto verso di quello da una forza centripeta. Tav. 1. Fig. 7.

145. Essendo i vani dei mentovati triangoli uguali fra loro, ma le basi A B, B D, D F, ec., disuguali; ed essendo certo, che basi disuguali di triangoli uguali sono tra loro in ragion reciproca delle altezze; scorgesi ad evidenza, che le basi AB, BD, DF, ec., sono in ragion reciproca delle altezze dei triangoli ARB, B R D, D R F, ec. Ma le anzidette basi rappresentano le velocità; e le mentovate altezze sono rette perpendicolari alle tangenti di quei determinati punti della curva. Sarà dunque generalmente vero, che *le velocità, con cui il mobile scorre su qualunque parte della curva, sono fra loro nella ragion reciproca delle perpendicolari tirate dal centro fino alle tangenti di quelle parti della curva*; che val quanto dire, che siffatte velocità si fan minori a misura che coteste perpendicolari si allungano, ed a vicenda; siccome in

fatti avvien nell'ellisse. E poichè le rette tirate dal centro di un cerchio, perpendicolari ai vari punti della sua circonferenza, sono altrettanti raggi dello stesso cerchio, ed in conseguenza uguali; rendesi parimente evidentissimo, che un mobile, il quale, movendosi in giro, descrive la periferia di un cerchio, trovasi avere uguali velocità in ogni punto di siffatta curva, e conseguentemente si muove con moto uniforme.

146. Non v'ha cosa nel mondo, ove campeggiar si veggano tanto mirabilmente, e nel lor grande le forze centrali fin quì mentovate, quanto nell'ordine e nel moto dei corpi celesti, i quali per la sola virtù di quelle, quasichè sospesi alla cerulea volta del cielo, eseguono con portentoso artifizio il regolare lor corso intorno al centro dell'Universo. Laonde la loro speciale considerazione ci chiama ad esaminare prima di tutto cotesto ordine, e siffatti movimenti, per poter fare dipoi una ragionata e conveniente applicazione delle già dichiarate dottrine.

ARTICOLO II.

Breve Saggio di Cosmografia.

147. La giornaliera osservazione degli Astri, i quali levandosi costantemente dal canto orientale dell'orizzonte, prendono sensibilmente il lor corso verso l'occidente, è stato sempre un fortissimo motivo per far credere non solamente al volgo, ma eziandio alla numerosa schiera dei filosofi di tutti i tempi, e di tutte le nazioni, che la Terra, cui abitiamo, fosse del tutto immobile e per così dire radicata nel centro dell'universo; e che tutti i corpi celesti facessero giornalmente intorno ad essa le loro rivoluzioni. Siffatta naturalissima idea fu particolarmente adottata, e messa in chiaro dal gran Tolommeo, filosofo e geografo di gran rinomanza del secondo secolo dell'era volgare, il quale si sforzò di stabilire, che intorno alla Terra, collocata immobilmente nel centro del Mondo, si aggirasse primieramente la luna, indi ordinatamente di mano in ma-

Tav. V. Fig. 2.

mano, Mercurio, Venere, il Sole, Marte, Giove, e Saturno, a cui sovrastava poscia il firmamento, ossia il cielo delle stelle fisse, sparse come che fosse su quello, alla guisa di tanti fulgidi chiodi. Vi erano al disopra due altri cieli, ovvero due altre sfere di purissimo e duro cristallo; e il tutto veniva ricoperto in ultimo dal massimo cielo, ossia dal primo mobile, il quale aggirandosi con indicibile rapidità intorno a se stesso dall' Oriente all' Occidente nel tratto di 24 ore, trasportava seco mirabilmente nella medesima direzione tutti i cieli inferiori in se racchiusi. A siffatta costituzione dell' universo diessi la denominazione *di sistema Tolemaico*.

148. Tra gli antichi filosofi della Grecia vierà stato però chi avea immaginato, che la stabilità della terra e il movimento del Sole riputar si dovessero un errore del volgo; e che la terra con tutti i rimanenti corpi celesti si rivolgesse effettivamente all' intorno del Sole, costituito nel centro dell' intiero sistema. Un sentimento così particolare, andato ben tosto in obblio, come ciascuno può immaginare, sembrando che si opponesse direttamente al senso comune, fu poi arditamente ravvivato ed abbellito con somma felicità da un certo Niccolò Copernico, nativo della Città di Thorn nella Prussia Reale, canonico di Vormia, e famosissimo astronomo del secolo XVI. Stabilì egli adunque, che il Sole collocato immobilmente nel centro sensibile dell' universo, ed aggirandosi soltanto con moto vertiginoso intorno al suo asse, facesse rivolgere intorno a se, in virtù di forze centrali, tutti i pianeti con ordine tale, che immediatamente gli si aggirasse intorno Mercurio, indi Venere, la Terra, Marte, Giove e Saturno; a cui poscia sovrasta il pianeta Hersehel, ossia *Urano*, recentemente scoperto. Succedono finalmente le stelle fisse, che col loro scintillante splendore vagamente adornano lo spazio immenso del firmamento. Esse però non fanno parte del nostro sistema; e par verisimile, che a guisa di altrettanti soli costituiscano il centro di altri mondi a noi sconosciuti. Intorno alla terra si aggira la Luna; intorno a Giove altre quattro Lune, scoperte dai Galilei; sette altre intorno a Saturno, che sorgesi cin-

Tav. V. Fig. 2.

to

to da un anello luminoso, e finalmente due altre intorno a Herschel. A tutte coteste lune, dette più comunemente *Satelliti*; suol darsi il nome di *Pianeti secondarj*, a distinzione dei sette primi, i quali rivolgendosi immediatamente intorno al Sole, prendono con ragione la denominazion di primarj. Ecco dunque qual è in accorcio il Sistema Copernicano; da cui ben vedete essersi del tutto bandite le solide volte immaginate da Tolommeo, ossia i cieli di cristallo. Si può tuttociò più chiaramente scorgere dalla Fig. 5 della Tavola VI. Ritrasse cotal sistema un notabil vantaggio dall'essere stato preso in considerazione dall'immortal Gallilei, sommo lume ed ornamento della nostra Italia, cui costò per sua sventura infinito travaglio e fiera persecuzione il volerlo spacciare per vero, quantunque lo avesse ridotto alla massima chiarezza, come si può rilevare dal suo celebre *Dialogo* intorno a tal soggetto. Keplero poi scoprì la vera forma dell'orbite dei pianeti, che da Copernico eransi supposte circolari; e rintracciò alcune leggi fondamentali, che sottomisero al calcolo i loro movimenti: la scoperta però della meravigliosa legge, secondo cui opera quella forza, onde rivolgonsi i pianeti intorno al centro del loro moto, era, siccome abbiam detto (§ 69), riserbata al gran Newton, il quale la estese felicemente alla spiegazione dei fenomeni i più astrusi e più rilevanti della natura; e diè così l'ultima perfezione, e mise quasi nell'evidenza il sistema copernicano.

Tav. VI. Fig. 5.

149. Il più recente sistema del mondo è quello di Ticone Brahè, filosofo danese del secolo XVI. Conobbe egli manifestamente l'assurdità del sistema tolemmaico (§ 147); e non volendo adottare il copernicano, che pareagli incomprensibile e fuor di ragione, si avvisò di rivendicare alla terra il centro dell'universo, facendole girare intorno la luna, e poscia il sole: stabilì poi cotesto come centro dei rimanenti pianeti, immaginando che descrivessero intorno ad esso le loro orbite Mercurio, Venere, Marte, Giove, e Saturno, come scorgesi rappresentato nella figura 4 della Tavola V.

Tav. V. Fig. 4.

150. Converrebbe unire le dottrine fisiche alle più sublimi dell'astronomia per iscorgere a chiaro giorno

la

la ragionevolezza del sistema copernicano, e quindi la gran superiorità di esso su tutti gli altri finora immaginati. Tuttavolta lasciando a parte per ora quello che ne diremo sì in questo articolo, che nella seguente lezione, (nel che consistono, a dir vero, le pruove fondamentali del sistema di Copernico) basterà quì accennare 1°., che i sistemi di Tolommeo e di Ticone non solamente non sono valevoli a spiegare tutti i fenomeni del cielo, ma si oppongono eziandio direttamente ai fatti, ed alle osservazioni celesti. Per rammentarne quì una sola, che possa servir di esempio, diremo, che nè Mercurio, nè Venere veggonsi giammai in opposizione col Sole; che val quanto dire, che tra essi e il Sole non vedesi giammai frapposta la terra. Or ciò non potrebbe addivenire se la terra occupasse il centro del sistema, e se i due mentovati pianeti fossero avvolti nei loro giri dall'orbe del Sole. Nella qual supposizione neppur potrebbero essi celarsi dietro al Sole, siccome scorgesi talvolta addivenire. 2°. La supposizione del giro diurno dei pianeti, giusta i due sistemi tolemmaico e ticonico, è così lontana dal vero, che se ciò fosse, le stelle fisse, per esempio, le più prossime alla terra dovrebbero descrivere un'orbita così enorme nello spazio di 24 ore, che quand'anche la loro velocità si supponesse uguale a quella di una palla di cannone, che scorresse 600 piedi in ogni secondo di tempo, pure dovrebbero impiegarci undici milioni, trecento quarantanovemila anni per iscorrerla. Ciocchè intender si dee a proporzione ancor dei pianeti; laddove nel sistema copernicano spiegansi benissimo siffatte apparenze mercè del solo giro della terra intorno al suo asse, di cui tra poco ragioneremo.

151. Fra tutti gli astri che si aggirano in cielo, non v'ha che il Sole e le Stelle, che sono in realtà fonti di luce, ossia risplendenti di lor natura: quello è destinato ad illuminare ed a vivificare tutto ciò che esiste dentro ai limiti del nostro sistema, e queste forse per far l'uffizio di Sole ad altri Pianeti, ossia ad altri mondi a noi ignoti, la cui esistenza non è affatto priva di verisimiglianza, siccome si può scorgere dalla graziosissima opera del signor de Fontenelle, intitolata:

la

la *Pluralità dei Mondi*. Io non veggo cosa, che ci dia una idea più viva e più sensibile dell'immensità dell'Altissimo, quanto l'esistenza di più mondi. E poi tutti i pianeti sì primarj, che secondarj, son corpi opachi a somiglianza della terra, e ricevono al par di quella il loro lume dal Sole: che anzi rivolgonsi anch'essi intorno al proprio asse oltre al moto nell'orbita; e si sa d'alcuni esser la loro figura uno sferoide schiacciato, siccome vedremo esser quella della terra; e di esser circondati da un'atmosfera; onde è, che si suppone da parecchi astronomi, che sieno forniti anche essi dei loro abitanti; non parendo neppur verisimile, che corpi di così immensa mole, collocati a sì prodigiose distanze, e che ci compariscono sì minuti, che alcuni fra essi sembrano poco più che punti luminosi, fossero stati destinati per noi. Oltrechè qual servigio mai ha potuto recare agli uomini il nuovo pianeta, di cui non si è avuta idea per tante migliaja di secoli, oppur erasi associato a minute Stelle? Deponghiam dunque per poco cotanto orgoglio, e non presumiamo d'esser noi l'unico oggetto delle immense cose create.

152. I nominati sette Astri (148) diconsi Pianeti dal greco vocabolo Πλανητης *Planetes*, che significa *errante*, attesochè cambiano essi rispettivamente le loro distanze durante il lor corso, a differenza delle Stelle, che si chiamano *fisse*, a motivo che ordinate in varj gruppi, che diciam *Costellazioni*, ossia *Asterismi*, serbano costantemente l'istesso ordine tra loro, e la medesima distanza. Sono elleno generalmente immobili, ad eccezione forse di un picciol numero, per rapporto al cui sito si sono ravvisati dei piccioli cangiamenti, originati per avventura dalla scambievole attrazione dei corpi celesti, onde vengonsi alquanto a turbare gli uni cogli altri. La Stella, in cui si è più sensibilmente ravvisato un tal cangiamento di sito, è *Arturo*, che si è scoperto approssimarsi al mezzodì circa 4 minuti nel tratto di ogni secolo.

153. Dividonsi le Stelle in sei classi, avendo riguardo all'apparente loro grandezza, ed al loro splendore; dicendosi stelle della *prima grandezza* quelle che ci sembrano le massime fra tutte, e le più luminose;

in-

indi della *seconda*, *terza*, *quarta*, *quinta*, e *sesta grandezza*, secondochè appariscono più picciole, e meno sfolgoranti. Ed ai giorni nostri che se ne discerne un numero di gran lunga maggiore in virtù di eccellenti telescopj, la mentovata divisione si è ragionevolmente innoltrata fino alla *decima* classe, ossia a quelle della *decima grandezza*. Non è fuor di ragione il credere, che siffatta differenza apparente venga originata dalla varia distanza in cui trovansi collocate rispetto a noi. Ve n'ha di quelle che diconsi *Nebulose*, per cagione che veggonsi sparse nel cielo alla guisa di macchie biancheggianti, ossia di Stelle avvolte in una sorta di nebbia, e perciò fornite di un debolissimo lume. Il sig. Herschel, cui rammenteremo tra poco, ne ha scoperto fino al presente più di duemila sconosciute per lo innanzi, mercè il suo nuovo telescopio di riflessione, lungo 40 piedi, e 4 in diametro, con cui si ravvisa esser elleno altrettanti gruppi di minutissime stelle. Della stessa natura ha egli scoperto similmente esser la *Via lattea*, detta dai Greci γαλαξιας *galaxias*, ovvero quel gran sentiere biancheggiante e irregolare, che sporgesi nel Cielo pressochè dall' Austro all' Aquilone. Ha egli rinvenuto non ha guari, che una fascia di cotesta Via lattea, lunga soltanto 15 gradi, e larga 2, in se contenea più di 50 mila Stelle, visibili al segno di potersi annoverar distintamente, oltre ad un immenso numero di altre, che per la debolezza del loro splendore erano di tratto in tratto discernibili a stento mercè di un barlume. Col mezzo dell'indicato telescopio se gli son fatte palesi più centinaja di Stelle *doppie*, *triplici*, e *moltiplici*, le quali sembrano indicare esservi delle Stelle al di sopra delle loro simili.

154. La distanza delle Stelle dalla Terra non si può in verun modo determinar con certezza, non avendo esse alcuna parallasse, onde poterla rilevare: però è assai probabile, in virtù di alcuni calcoli prudenziali, che ne sieno lontane più di sei bilioni di leghe. E qualor fosse vero un tal calcolo; e la Terra fosse immobile nel centro dell' Universo, seguendo i sistemi di Tolommeo, e di Ticone; descriverebbero esse durante il lor giro diurno, più di 49 milioni di leghe

in ogni minuto secondo. Nella stessa oscurità siamo eziandio per rapporto alla loro grandezza, cui certamente ignoriamo: alcune ragionate conghietture fanno ascendere il loro diametro a 33 milioni di leghe. Eppure anche col mezzo dei più eccellenti telescopj, non si veggono maggiori di un punto luminoso. Il loro numero è immenso, e fuori della portata della umana capacità: tuttavolta quelle, che si son ridotte a Costellazioni, per essere le più rimarchevoli, fannosi ascendere a circa tre mila.

155. Il numero delle Costellazioni giugne fino a cento; ed affinchè si possano più facilmente distinguere, e ritenere a memoria, si è diviso in tre parti tutto il Cielo stellato; cioè a dire in *parte di mezzo*, che in se comprende la fascia del Zodiaco, dell'ampiezza di circa 18 gradi, ed in parti *boreale*, e *meridionale*, ossia nei due emisferi delle stesse denominazioni. Le più insigni fra quelle di mezzo sono i 12 segni del Zodiaco, di cui si ragionerà nell'Articolo IV.

156. Il ripartimento delle Stelle in tante Costellazioni si è riputato assolutamente necessario, ad oggetto di poterle riconoscere più agevolmente, essendo elleno i punti fissi, a cui rapportansi dagli Astronomi i moti dei Pianeti, per poterli misurare, ed iscorgerne le ineguaglianze, non altrimenti che i varj punti del corso di una Nave possono rapportarsi agli oggetti immobili collocati sul lido. Il qual paragone per altro è dell'intutto vero, e reale; conciossiachè il giro della Terra, e dei rimanenti Pianeti nell'immenso spazio mondano, che riguardar si dee come il loro oceano non può rapportarsi che alle Stelle, nè si può scorgere se non se paragonandolo ad essoloro. Per tal ragione se ne son formate delle Tavole, ossia dei Cataloghi, ove trovansi esse disposte nelle vere loro rispettive situazioni, e contrassegnate con lettere greche, o latine, onde poterle distintamente divisare. Il primo a costruire un Catalogo di tal genere, fu il celebre Ipparco nel cominciamento del secondo secolo dell'Era volgare. I più accurati, ed estesi, che abbiamo ai dì nostri, sono il *Catalogo Britannico* di Flamstedio, e quello del Signor de la Caille.

157.

157. Le denominazioni attribuite alle Costellazioni sono del tutto arbitrarie, ed inventate per eternar la memoria di soggetti favolosi, come sono Ercole, Perseo, Berenice, Andromeda, &c., oppure di stromenti utili alla Fisica, all'Astronomia, alla Navigazione, quali sono la macchina Pneumatica, il Telescopio, il Quadrante, la Bussola, &c. Altre portano il nome di animali, benchè non ne rappresentino la forma; e sono la Balena, il Delfino, la Giraffa, la Lepre, ed altre tali. Ve n' ha finalmente alcune poche, la cui forma somiglia in qualche modo all'espressione del nome; tali sono, per esempio, la Corona Boreale, il Triangolo, lo Scorpione, il Carro, ossia l'Orsa maggiore, ec. Su di ciò merita di esser letta la celebre *Memoria* del Signor Dupuis *sull'origine delle Costellazioni*, inserita nel IV Volume dell'Astronomia del Signor de la Lande, ove fassi ingegnosamente vedere, che tutte le antiche favole altro non sono salvo chè allegorie astronomiche; e che i dodici segni del Zodiaco furono inventati per rappresentare i dodici travagli di Ercole. In riguardo però ai segni del Zodiaco sembra oltremodo ingegnosa, e plausibile la spiegazione, che ne dà il Signor de Pluche nell' ottavo volume dello *Spettacolo della Natura*, giusta il suggerimento indicato da Macrobio; cioè a dire, che le Costellazioni del Zodiaco erano il Calendario delle stagioni presso degli Egizj, disortachè diedero essi il nome di Leone, per esempio, a quella Costellazione, in cui entrando il Sole, fassi sentire il suo raggio colla massima forza; il nome di Vergine a quella, allorchè le donzelle, seguita la messe, andavano a spigolare; quello di Libra ossia Bilancia a quell'altro, allorchè le notti sono equilibrate coi giorni; e così dei rimanenti.

158. Vuolsi rammentar finalmente un fenomeno assai rimarchevole in rapporto alle Stelle, qual'è quello che di tratto in tratto ne son comparse delle nuove, oppur ne sono sparite talune, che già esistevano: è similmente avvenuto, che alcune altre si son vedute scemare di splendore, ed impicciolirsi a poco a poco. La più famosa tra le nuove Stelle è quella osservata da Ticone Brahè nel 1572, la quale tuttochè fos-

fosse sfolgorante al par di Sirio, il cui splendore supera quello di ogni altra Stella, andò diminuendosi di mano in mano, finchè disparve dell'intutto nel 1574. Giova riscontrare su tal punto il *Discorso* di Maupertuis *sulle diverse figure degli Astri*, stampato in Parigi nel 1732.

159. Ve n'ha alcuni fra gli Astri, i quali rivolgendosi nel Cielo con moto proprio, e reale, soglionsi manifestare di tratto in tratto; e poichè son generalmente dotati di fulgida chioma, diconsi *Comete*. Le qualità, e la situazione diversa di cotesta luminosa capellatura, la quale or le precede, ed or le siegue, e talvolta le circonda intorno intorno agguisa di zazzera le ha fatte distinguere in *barbate*, *codate*, e *crinite*. Vi sono state però alcune Comete, le quali scevre da ogni sorta di chioma, aveano l'apparenza di Giove, o di qualunque altro Pianeta: tal fu quella, che manifestossi nel 1763. Parecchi fra gli antichi, seguiti poscia da varj illustri moderni, tra cui si annovera l'immortal Galilei, riputarono le Comete altrettante meteore, generate nella nostra atmosfera; e quel, ch'è più, il celebre Cassini fu di sentimento, che fossero formate dalla esalazione degli Astri. Sono elleno però corpi opachi al par dei Pianeti, illustrati dal Sole, e soggetti a fasi ugualmente; le quali non possono ravvisarsi di leggieri, a cagione delle atmosfere infocate, che li circondano. La Cometa, che apparve nel 1680, essendo passata nel mese di Dicembre 166 volte più davvicino al Sole di quel che la è la nostra Terra, concepì un calore così smisurato, che riputossi da Newton 28 mila volte maggiore di quello, cui sogliam provare nel cuor della state. Il fondamento del calcolo si fu quello, che l'intensità del calor del Sole è nella ragion reciproca dei quadrati delle distanze, ove trovansi quei corpi, su di cui sono scagliati i suoi raggi.

160. La loro apparente grandezza varia di assai; scorgendosene alcune non maggiori di una Stella fissa, dovechè altre pareggiano in diametro il Pianeta di Venere, e talvolta anche il Sole. Tali furon quelle, che apparvero dopo la morte di Demetrio Re di Siria, ed al nascer di Mitridate, l'ultima delle quali

li, al dir di Giustino, sfolgorava più del Sole. La grandezza reale si è talvolta rinvenuto pareggiar quella di Saturno, ed anche di Giove. Su il primo loro apparire par che corrano in linea retta a cader entro il Sole; e dopo di essere rimaste per qualche tempo indiscernibili per cagion di essere avvolte nel fulgore di quello, veggonsi comparir di bel nuovo, fregiate di coda assai più ampia, e sfolgorante, che dianzi. Indi discostandosene mano mano, e scemandosi corrispondentemente il loro splendore, scompariscono del tutto. Il loro giro per altro, quantunque si esegua intorno al Sole, non vien compreso entro alla fascia del Zodiaco al par di quello dei Pianeti; ma segnando elleno sì l' Ecclittica, che le orbite planetarie ad angoli diversi, scorrono pel Cielo per variati sentieri, con diversi gradi di rapidità, e a differenti distanze; soggette però sempre alle stesse leggi, onde vien regolato il giro dei Pianeti. Sono le loro orbite ellissi molto eccentriche, ossia allungate di molto (Veggasi la Fig. 5 della Tav. VI); onde avvien poi, che le Comete dopo di essersi rendute visibili per qualche breve spazio di tempo, che a tenor delle osservazioni, che abbiamo, riducesi tutto al più a sei mesi, dileguansi alla vista a poco a poco, facendo talvolta scorrer dei secoli prima di comparir di bel nuovo. Di fatti a tenor dei calcoli del Dottor Halley, la Cometa comparsa nel 1682 era la stessa, che erasi manifestata antecedentemente nel 1607, e nel 1531., ed egli osò di predirne l' apparizione di bel nuovo nel 1759, come in fatto addivenne: della Cometa, che apparve nel 1532, e poscia nel 1661, se n'è atteso di bel nuovo il ritorno, giusta i calcoli fatti negli anni scorsi 1789 e 1790: ma finora non si è ancora veduta. A dir vero, il Signor Méchain in una sua Memoria inserita negli Atti dell' Accademia delle Scienze di Parigi, ha fatto vedere, che l' identità di coteste due Comere è molto dubbiosa; e il Signor de la Lande avea già congetturato, che il ritorno della Cometa, di cui si ragiona, poteva riuscire invisibile, qualora il suo perielio fosse avvenuto nel mese di Luglio. Tav. VI. Fig. 5.

161. La natura delle code delle Comete ci è del tutto ignota, essendosi spacciate parecchie idee insussistenti

per rapporto alle medesime. Newton è di opinione, ch'esse altro non sieno che un leggierissimo vapore sollevato dal corpo delle stesse Comete, sia per virtù dell'impulso dei raggi solari, sia per la rarefazione prodotta dal calore nelle loro atmosfere, e quindi illustrato dal Sole. Corrispondentemente a ciò abbiam di sopra osservato che siffatte code (le quali estendonsi talora in lunghezza per più di 90 gradi, siccome osservossi in quella, che apparve nel 1697) rendonsi più ampie e più sfolgoranti qualor le Comete son più prossime al Sole; ed or soggiunghiamo esser elleno sempre opposte al Sole medesimo. Erasi ciò conosciuto da parecchi antichissimi filosofi; ed è cosa da far meraviglia, che Seneca, il quale impiegò tutto il libro VII delle sue *Quistioni naturali* a ragionar sulle Comete, ne parla con tanta sublimità, e quasi in modo, che meglio forse non potrebbe ragionarne un filosofo moderno.

162. La comparsa delle Comete è stata per più secoli oggetto di terrore, riguardandosi generalmente dal volgo come un presagio di guerra sterminatrice, di orrenda peste, o di altri luttuosi disastri. Ecco come esprime siffatto pregiudizio l'incomparabil Torquato nel libro settimo della sua Gerusalemme liberata:

Qual con le chiome sanguinose orrende
Splender Cometa suol per l'aria adusta,
Che i Regni muta, e i fieri morbi adduce,
Ai purpurei Tiranni infausta luce.

Ai dì nostri però si riguardano come tanti Pianeti, che si aggirano in orbite particolari.

163. Newton fu di avviso esser le Comete destinate a due usi principalissimi; cioè a dire, ad esser di tratto in tratto assorbite dal Sole per servirgli di pabolo, e rinfrancarlo così della perdita enorme, a cui soggiace per la perenne emission della sua luce; ed a versare nella nostra atmosfera di tempo in tempo, qualor le passan molto davvicino una parte di quel vaporoso nembo, onde vengon formate le loro code affin di rimpiazzare quella inestimabile quantità di umore, cui la terra trasfonde alla giornata nella schiera immensa dei vegetabili, la cui sostanza passando in ultimo, in forza della putrefazione, a conver-

vertirsi in terra; aumenterebbesi questa fuor di modo nell' atto che la massa dei fluidi si andrebbe scemando di giorno in giorno. Converrebbe consultare la teoria della terra escogitata da Whiston e da Buffon; per poter aver idea dei grandiosi cangiamenti cagionati alla Terra medesima, ed all' intiero nostro sistema, in virtù di Comete, cui han finto essere strisciate di presso non meno alla Terra che al Sole. Checchè ne sia di coteste bizzarre supposizioni, certo si è che le Comete potrebbero esser disturbate nella varia loro carriera dall'attrazione dei Pianeti già indicata (§. 152.); e quindi passando in gran vicinanza della Terra, o anche dei rimanenti Pianeti, cagionar potrebbero qualche sorta di sconvolgimento nell' attuale sistema dell'universo. Su di ciò merita di esser letta la memoria pubblicata dal signor de la Lande nel 1773. intitolata: *Riflessioni sulle Comete, che possono avvicinarsi alla Terra.* Il loro numero è assai grande: vi ha chi crede, che ve ne sieno oltre a 300: quelle però, di cui son calcolate le orbite, fannosi ascendere a 74, e può vedersene il catalogo, parte nel libro XIX. dell' *Astronomia* del citato signor de la Lande, e parte nei supplementi annessi al IV volume della medesima opera.

ARTICOLO III.

Dei Pianeti in particolare, della loro Natura, Grandezza, e Distanza dalla Terra, e dei loro moti periodici.

164. Il Sole, ond' è occupato il centro sensibile del nostro sistema, è un globo immenso di luce, il quale dotato dall' Onnipotente di una prodigiosa ed immensa forza attrattiva, trae a se efficacemente tutti i corpi celesti, e se li fa rivolger d' intorno in varie distanze ed in orbite ellittiche non molto diverse da cerchi, giusta le leggi dichiarate negli Articoli antecedenti. Laonde a ben ragionare non è egli un Pianeta, ma riguardar si dee come una Stella fissa. Non è possibile di determinare, se nella massa del Sole siavi della materia combustibile, che arde perennemen-

te, oppure, se sia composto di pura materia ignea, E' bello il vederlo per mezzo di un Telescopio di mediocre ingrandimento, la cui lente oculare ricuopresi con un cristallo annerito, affinchè i suoi raggi non offendano punto l'occhio dello Spettatore. Comparisce egli allora come un globo infocato scevro di ogni splendore. Il suo diametro uguaglia a un di presso 319 mila, 314 leghe comuni di Francia, ciascuna delle quali è poco più di due miglia e mezzo d'Italia. La sua grandezza, ossia il suo volume, supera di un milione e 400 mila volte quello della nostra Terra; e la sua distanza *media* dalla medesima si è calcolato ascendere a 34 milioni, 357 mila, 480 leghe. All'iptorno del suo disco si ravvisano alcune macchie di color nero, e di forma irregolare, e variabile delle quali ignoriam la natura; e dal cui moto si è giunto a scuoprire, ch'egli si aggira intorno al suo asse nello spazio di 25 giorni, 14 ore, ed 8 minuti. Il signor de la Lande, seguito da altri astronomi illustri, rien ferma opinione, che il Sole, oltre all'aggirarsi intorno al proprio asse, abbia eziandio un movimento di traslazione nello spazio celeste, traendo e trasportando seco nel tempo stesso tutti i Pianeti; ma che un tal fenomeno, da cui deriveranno coll'andar dei secoli conseguenze importantissime, non si potrà da noi ravvisare, se non quando l'intero sistema sarà tanto avanzato verso questa, o quella parte del Cielo, che si potremo accorgere della maggior vicinanza delle Srelle fisse in quella tal parte. Concordemente a ciò pretende Herschel, che siffatto avvanzamento, tuttochè lentissimo, sia effettivamente addivenuto, e prosiegua tuttavia verso la Costellazione di Ercole.

165. Il Pianeta più prossimo al Sole è Mercurio, per esserne discosto 13 milioni, 299 mila, 739 leghe. Dal che si deduce, che lo splendore, e il calor del Sole debbano esser quivi sette volte più gagliardi, che sulla nostra Terra, essendo l'attività della luce, e del calore nella reciproca ragione dei quadrati delle distanze (§. 77), come dimostreremo a suo luogo; e che gli abitanti di Mercurio, se pur ve ne sono, debbono vedere il Sole sette volte più grande di quel

che

che noi lo veggiamo: inoltre la loro costituzione esser dee molto diversa dalla nostra; per poter resistere ad un grado di calore così intenso. Il vivacissimo splendor del Sole, in cui è avvolto, non ce lo rende molto visibile; nondimeno però possono ben distinguersi le sue fasi, qualor si trova nella parte inferiore della sua orbita. Ha egli 1166 leghe di diametro: il suo volume è la quindicesima parte di quello della Terra, e la sua distanza media dalla medesima pareggia quella del Sole (§. 164), intorno al quale esegue egli il suo giro nello spazio di 87 giorni, 23 ore, ed alcuni minuti, scorrendo 39 mila, 584 leghe per ora. Dal che ne siegue, che il suo anno è circa la quarta parte del nostro.

166. A Mercurio sovrasta Venere, il più luminoso fra tutti i Pianeti dopo la Luna. E' egli lontano dalla Terra in tempo della sua distanza media, quanto la Terra è dal Sole; che val quanto dire più di 34 milioni di leghe. Il suo diametro è di 2748 leghe, ed il suo volume è della nona parte più picciolo della Terra: esegue poi il suo giro intorno al Sole in 7 mesi, 14 giorni, e 17 ore, scorrendo 28 mila, 953 leghe per ogni ora. Il suo moto di ruotazione intorno all'asse si fa nell'intervallo di 23 ore, giusta il sentimento di Cassini, il quale lo rilevò mercè delle macchie da essolui osservate sul disco di un tal Pianeta: ed è cosa notabile, che nè egli, nè Mercurio trovansi giammai in opposizione col Sole; che val quanto dire, che tra essi, e il Sole non si scorge giammai frapposta la Terra: hanno bensì due congiunzioni con quello; una *inferiore*, qualora si veggono al di là del Sole, e l'altra *superiore*, quando trovansi collocati fra il Sole, e la Terra. Ciocchè dimostra ad evidenza di essere le loro orbite avvolte da quella della Terra, e quindi esser falso il Sistema di Tolommeo (§. 147). Per concepir chiaramente la forza di siffatte pruove, gioverà dare una occhiata alle Figure 2, e 3 della Tavola V, o anche meglio alla Fig. 5 della Tavola VI. Tav. V. Fig. 2, e 3. Tav. VI. Fig. 5.

167. Il Pianeta di Venere è soggetto a fasi ugualmente che la Luna, scorgendosi ora ellittico, ed or falcato. Sono elleno visibilissime anche col mezzo di

Telescopj di mediocre ingrandimento, nè potrebbero avvenire, qualora l'orbita di Venere avvolgesse in se la Terra, e si trovasse collocata fra il Sole, e Mercurio, giusta il sistema Tolemaico; onde è, che Galilei (da cui furono osservate per la prima volta nell' A. 1610, allorchè seguì la pregevolissima scoperta del Cannocchiale) riguardolle come una pruova evidente del sistema Copernicano (§. 148). La cagione, che produce le dette fasi, non è punto diversa da quella, che genera le fasi lunari, di cui or ora darem la spiegazione.

168. Il Pianeta di Venere è compagno indivisibile del Sole, da cui si discosta tutto al più per 48 gradi; ed avviene, che or lo precede, ed or lo siegue. Dopo di esser seguita la sua congiunzione inferiore, fassi egli veder nel Cielo presso all'Oriente innanzi del levar del Sole: prende egli allora la denominazion di *Lucifero*, di *Fosforo*, oppure di *Stella del mattino*; laddove dicesi *Espero*, ovvero *Stella vespertina*, qualor comparisce la sera verso l'Occidente dopo il tramontar del Sole.

169. Siccome la orbita di Venere intersega in due punti la Ecclittica, ossia la traccia percorsa apparentemente dal Sole; avviene talvolta, e propriamente allorchè Venere trovasi in uno dei detti punti di intersezione (che diconsi *nodi*), che ella veggasi passare sul disco solare agguisa di una macchia nera, e rotonda. Questo è ciò, che dicesi *passaggio di Venere*, di cui fanno grande uso gli Astronomi per rinvenire la parallasse di Venere, e quindi la distanza sì del Sole dalla Terra, che di tutti i Pianeti fra loro, e dal Sole medesimo; la qual cosa intenderassi meglio tra poco, allorchè si verrà a ragionare della parallasse. Un tal passaggio però succede assai di rado: i due ultimi avvennero nel 1761, e 1769, e parecchi Astronomi furono spediti a varie parti del mondo per poterlo osservare. Con tal mezzo ci si renderono note accuratamente le mentovate distanze. Il primo passaggio in avvenire succederà nel 1874.

170. Il Pianeta di Venere, e quel di Mercurio diconsi *Pianeti inferiori*, attesochè le loro orbite trovansi avvolte da quella della Terra, a differenza dei ri-

rimanenti Pianeti, che si denominano *superiori*, per cagione che le loro orbite sovrastano alla orbita terrestre.

171. Siegue a Venere la Terra, la cui distanza dal Sole si è già dichiarata di sopra (§. 164.). Ha ella 2865 leghe di diametro, e descrive il sentiere della Ecclittica in 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti, scorrendo 24 mila, 629 leghe per ora. Mercè il suo moto diurno intorno all'asse, di cui ragioneremo tra poco, gli abitanti dell'Equatore scorrono 238 tese in ogni minuto secondo: il qual cammino differisce di poco da quello, che suol fare la palla di un Cannone da 24 nel primo secondo. Della sua figura, e delle importanti conseguenze, che ne derivano, parleremo più opportunamente in altro luogo.

172. La Terra è circondata dalla Luna, che è un Pianeta secondario, come si è già detto (§. 148). Ha ella 782 leghe di diametro; il suo volume è quarantanove volte minore di quello della Terra, da cui è lontana 86 mila, 324 leghe. Che però è ella 400 volte meno distante dalla Terra, che il Sole. Fa ella il suo giro intorno alla Terra stessa in 27 giorni, 7 ore, e 43 minuti, rivolgendosi nel tempo medesimo insiem colla Terra all'intorno del Sole. Questo è ciò, che dicesi *Mese periodico*: ma siccome dopo di aver ella terminato intieramente un tal corso, non ritrova la Terra nel punto, ove l'avea lasciata nel cominciarlo, per esser quella avvanzata nella sua carriera mercè dell'annuo suo movimento, fa mestieri, che ella vi impieghi altri 2 giorni, 5 ore, 1 minuto, e 3 secondi per raggiugnerla, o per meglio dire per porsi di bel nuovo fra la Terra, e il Sole. Or cotesto sovrappiù, aggiunto al mese periodico accenato di sopra, forma lo spazio di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti, e 3 secondi, che si denomina propriamente *Mese sinodico* della luna, ossia *Lunazione*, essendo l'intervallo di tempo, che si frappone fra la nuova luna e l'altra consecutiva. Non v'ha cosa che rappresenti più al vivo i mentovati due mesi lunari, quanto gl'indici di un oriuolo. Collocate l'indice delle ore sul num. XII. del quadrante, e quello de' minuti sul numero 60; ed immaginatevi di esser quello il Sole, e questo la Luna.

na. Quando l'indice dei minuti, scorsa che sia un' ora, ritornerà di bel nuovo sul numero 60, l'indice delle ore sarà già avanzato al numero I, sicchè dovrà quello scorrere più di cinque altri minuti per poterlo raggiungere.

173. Il cammino orario della Luna è di 828 leghe. E' cosa osservabile che ella esegue il suo moto intorno al proprio asse nell'istesso tempo precisamente, cui si rivolge intorno alla Terra; dal che ne avviene che tien sempre rivolta a questa la medesima faccia. D'altronde i moti della Luna sono così complicati, ed irregolari; che eludono la perspicacia, e la diligenza dei migliori Astronomi moderni, che non possono giugnere in verun modo a determinarli colla dovuta precisione, ed accuratezza. E' questa un' antica doglianza, cui Plinio rammenta elegantemente nel libro II. della sua *Storia Naturale* in questi termini: *multiformi hæc ambage torsit ingenia contemplantium, & proximum ignorari maxime sydus indignantium.*

174. E' agevole il ravvisar nella Luna, anche col mezzo dei Telescopi ordinari, parecchie cavità, e prominenze considerabili. Veggonsi queste talvolta cangiar di aspetto, secondochè sono illustrate diversamente dal Sole; e non son altro che monti, valli, e piane contrade, e forse anche mari. Varj Astronomi le hanno rappresentate al vivo, formandone delle Carte, dette *Selenografiche* (giacchè in greco σελήνη *selene* vuol dir Luna), non altrimenti che la superficie della Terra vedesi rappresentata sulle Carte geografiche. Hevelio ne ha pubblicato delle eccellenti nella sua *Selenografia*, ove scorgesi l'apparenza non solo della Luna piena, ma anche di tutte le sue fasi. Quella di Cassini è parimente pregevolissima. Noi nella Figura 1 della Tavola VII abbiam rappresentato la Luna piena giusta le osservazioni del Signor de la Lande. Il P. Riccioli assegnò ai monti lunari varj nomi di uomini illustri; cioè a dir di *Copernico*, *Ticone*, *Galilei*, *Aristarco*, ec.; laddove Hevelio diede loro la denominazione di *Monte Sinai*, *Monte Tauro*, *Monte Porfirite*, ec., ed alle macchie ombreggiate quella di *Mare Iperboreo*, *Mare della Tranquillità*, *Mare della Serenità*, ed altre tali.

Tav. VII. Fig. 1.

175.

175. Il misurar l'altezza dei monti lunari riesce agevolissimo agli Astronomi paragonandola al raggio della Luna. Il primo a misurarla fu l'insigne Galilei dopochè costruì per la prima volta il Cannocchiale; ma le misure postetiori di Hèvelio si reputano più esatte. Il Monte Porfirite, ossia l'Aristarco del P. Riccioli, riputossi da Hevelio un Vulcano estinto; e benchè questa idea di esserci dei Vulcani nella Luna abbia potuto fin al dì di oggi sembrar romanzesca a taluni, ora però, che il Signor Guglielmo Herschel ha inventato un nuovo Telescopio, il cui ingrandimento supera di gran lunga quello di tutti gli altri finora conosciuti, poichè aumenta il diametro degli oggetti presso a sette mila volte, par che la cosa abbia acquistato un'aria di soda verità. Di fatti oltre a parecchie altre interessanti scoperte da lui fatte nel Cielo, ha ravvisato egli, non ha guari, tre Vulcani nella Luna, due dei quali scorgesi di essersi estinti, e il terzo getta attualmente delle fiamme, ed una gran lava infuocata. La sua grandezza supera di molto quella del nostro Vesuvio: il diametro del *Cratere* da essolui misurato fassi ascendere a tre miglia, e la lunghezza della lava è di sessanta. Merita di esser consultata la sua Memoria, inserita nelle Transazioni Anglicane per l'A. 1788. L'anzidetto insigne scuopritore di nuovi Mondi nacque in Hannover nel 1738. Dopo di aver servito in un Reggimento Hannoverese, trasferissi nell'Inghilterra, ed andò a stabilirsi nella Città di Bath in qualità di professore di musica, che egli avea naturalmente appreso. Quivi tratto da violenta passione per l'Astronomia, e per l'Ottica, per forza di genio, e senza verun maestro, si ha aperto un nuovo, e luminoso sentiere alla gloria, costruendo nuovi Telescopj, e consecrandosi intieramente alle osservazioni astronomiche. Oltre al Telescopio di 20 piedi, con cui ci ha renduto più estesa la cognizione del Cielo, ne ha egli costrutto un altro recentemente, che è cagion di stupore, essendo della lunghezza di 40 piedi, e di presso a 4 piedi di diametro. Ha egli già incominciato a far con esso delle grandi scoperte, e non vi ha dubbio, che sotto i gloriosi auspicj del gran Monarca Britannico ci proccurerà in appresso delle cogni-

gnizioni più estese, e più precise intorno ai corpi celesti.

176. Da tutte le osservazioni praticate intorno alla Luna sembra ormai deciso, che ella non sia circondata da veruna atmosfera: è certo almeno, che la medesima non è così densa come la nostra; giacchè altrimenti non potremmo vedere il lembo lunare così chiaro, e ben contornato, nè le stelle vedrebbonsi distintamente approssimarsi, e quindi occultarsi dietro il lembo medesimo, senza soffrire veruna rifrazione, o cangiamento di colore.

177. Per poter ben intendere la cagion delle *Fasi*, oppure delle varie apparenze, a cui è soggetta la Luna, si vuol rivolgere lo sguardo alla Figura 5 della Tav. V. Fig. 5. Tavola V; in cui A rappresenta il Sole, B la Terra, C, D, E, F, G, H, ec. la Luna nei varj punti della propria orbita. Essendo ella opaca, e rotonda, rendesi manifesto, che ritrovandosi nel punto C, ossia nel mezzo fra il Sole, e la Terra (ciocchè dicesi essere in *congiunzione* col Sole), non può essere illuminato, se non che il suo emisfero superiore *a*; e perciò essendo allora rivolto alla Terra l'emisfero tenebroso *b*, dee necessariamente seguirne il *Noviluni*o. La sua gran vicinanza al Sole ravvisasi allora chiaramente dalla comparsa, che ella fa la sera verso l'Occidente orlata di un tenue filo di luce poco dopo il tramontar del Sole. Passando poscia, nello spazio di due, o tre giorni, in D, ossia nel primo *ottante* (per esser discosta di 45 gradi, ossia dell'ottava parte del cerchio, dal punto della congiunzione C), incomincia a scuoprirsi dagli abitatori della Terra una picciola porzione *c d* del suo emisfero illuminato; e quindi apparisce ella falcata, ossia cornuta, colla sua parte convessa rivolta a Ponente. Siffatta parte illuminata *c d* nello spazio di cinque, o sei giorni, divien maggiore in E, ossia *nella quadratura*, in distanza di 90 gradi, ovvero della quarta parte del cerchio, dal mentovato punto di congiunzione: rappresenta ella allora un semicerchio terminato da una linea retta; e diciamo farsi *il primo quarto*: discostandosi ella in seguito sempreppiù dal Sole, divien molto maggiore, e più luminosa in F, ovvero nell'altro *ottante*, fin a tanto che

che giunta, nell'intervallo di sette, o otto giorni, in G, ossia in *opposizione col Sole* (per cagione della interposizione della Terra), rendesi visibile a questa tutto l'emisfero illuminato *cd*; e quindi avviene il *Plenilunio*, apparendo ella perfettamente rotonda, e dotata di luce assai risplendente. Dimostra ella di essere allora in opposizione col Sole, mercè il suo apparire sull'Orizzonte dal canto orientale nell'atto stesso che il Sole tramonta, inguisachè ascende poi sul meridiano nel punto preciso di mezza notte. Nello scorrer poscia il rimanente dell'orbita accostandosi al Sole, vedesi levare sempre più tardi, e propriamente 48 minuti, e 46 secondi il giorno, e la sua parte illuminata si va nascondendo di mano in mano agli abitatori terrestri a misura che passa nei punti H, I, K, apparendo cornuta di bel nuovo colla sua convessità rivolta a Levante; onde trasse l'origine il volgar proverbio: *gobba a Ponente, Luna crescente; gobba a Levante, Luna mancante*; poichè la Luna dicesi *crescere* durante il tempo, che impiega per passare da C in E, in G, ossia dal Novilunio al Plenilunio, laddove dicesi *mancare* durante il suo corso da G, in I, in C, ovvero dal Plenilunio all'altro Novilunio. Questi due punti sogliono comunemente denominarsi *Sigizie*. Tav. V. Fig. 5.

178. Se l'orbita lunare non intersegasse quella della Terra, che val quanto dire l'Ecclittica, dovrebbesi ella immancabilmente *ecclissare* in ogni Plenilunio; imperciocchè essendo ella in quel tempo in opposizione col Sole, il corpo opaco della Terra, che si trova frammezzo, intercetterebbe il lume solare e gettando la sua ombra sopra la luna, andrebbe ad oscurarla; ch'è quel che dicesi *ecclisse*. Così d'altra parte verrebbesi ad ecclissare il Sole in ogni novilunio, a motivo che la Luna ritrovandosi allora in mezzo fra la Terra e il Sole, intercetterebbe i raggi solari, e cuoprirebbe colla sua ombra la faccia della Terra; che è quella che in realtà si ecclissa qualor diciamo ecclissarsi il Sole, ch'è il fonte della luce. Tuttociò apparisce chiaro nella figura 6 della Tavola V, ove C rappresenta la Luna in congiunzione col Sole, ed X la sua ombra estesa fin sopra la Terra; indi G la Tav. V. Fig. 6.

lu-

Luna in opposizione col Sole, e Z l'ombra della Terra, che ricuopre e fa oscurare la Luna. Or tali ecclissi non accadono, se non quando i detti Pianeti incontransi appuntino, ovvero a un di presso, nella direzione dei *Nodi*, o vogliam dire dei punti S, T, ove l'orbita della Terra, ossia l'ecclittica M N O, tagliasi a vicenda coll'orbite lunare P Q R. In distanza notabile da cotali punti, come sarebbe in A, in R, ec. non può la Terra impedire che la luce solare venga tramandata al globo della Luna, nè questa vietare che la luce medesima venga scagliata sulla Terra, essendo le loro orbite in due piani diversi.

179. Nel modo che abbiam dimostrato succeder gli ecclissi, e le fasi della Luna, avvengono similmente quelli degli altri Pianeti.

180. In tempo che la Luna comincia la sua crescenza, ossia due o tre giorni dopo il Plenilunio, accade un fenomeno singolarissimo, qual è quello, che oltre alla porzione del suo lembo, ch'è vivamente illuminata, scorgesi tutto il rimanente del suo disco illustrato da una luce debolissima, tale però da poter chiaramente discernere il disco medesimo. A dir vero si è ignorata per lungo tempo la cagione di un tal fenomeno; ora però convengono gli Astronomi, che ciò derivi dalla luce solare rimbalzata dalla Terra sul globo della Luna, nella guisa appunto che lo splendor della Luna vien rimbalzato sulla nostra Terra. Ed in fatti il globo terrestre illustrato dal Sole sembrar dee agli abitanti lunari, se pur ve ne sono, come una grossa Luna, tredici volte più grande, e più luminosa della Luna medesima, la cui superficie è tredici volte minore di quella della Terra. Al che si aggiugne, che in tempo della Luna crescente trovasi ad essa rivolto tutto l'emisfero terrestre illuminato dal Sole. Laonde non è meraviglia, che una luce sì copiosa, e sì viva, tramandata sul disco tenebroso della Luna, ce lo faccia scorgere debolmente rischiarato, come si è detto (*a*).

131.

(*a*) Intorno alla debole efficacia dei raggi lunari, ed alla notabile grandezza, onde la Luna si manifesta nel suo nascere, ragioneremo più opportunamente nella Lezione *sulla Luce*.

181.

181. Marte è superiore alla Terra, da cui è lontano 52 milioni, 350 mila, 240 leghe; ond'è che i suoi abitatori vedrebbero il Sole quasi per metà più picciolo di quel che a noi apparisce; e la sua luce, e il suo calore prodotto dal Sole sarebbero parimente quasi la metà del nostro; e propriamente come 4 a 9, che sono i quadrati di 2, e 3, ossia delle distanze proporzionali della Terra, e di Marte dal Sole (*b*). Ha egli 1695 leghe di diametro: il suo volume è la settima parte di quello della Terra: e scorrendo l'annua sua orbita in un anno 321 giorni, e quasi 23 ore, fa un cammino di 19 mila, 944 leghe per ora. E' manifesto il suo moto intorno al proprio asse, il quale osservato da Cassini e da Maraldi, mercè le macchie esistenti sul corpo del Pianeta, si è rinvenuto eseguirsi nello spazio di 24 ore, e poco più di 39 minuti.

182. Lo splendor di Marte è alquanto rosseggiante, onde distinguesi agevolmente dagli altri Pianeti. Ciò induce gli Astronomi a credere di esser egli avvolto da un'atmosfera molto densa; atta a rifrangere poderosamente i suoi raggi; tanto vieppiù che le stelle talvolta passando lungo il suo disco, veggonsi oscurarsi notabilmente, tutt'altrimenti da ciò, che abbiam detto (§. 176) succedere rispettivamente alla Luna. E' egli soggetto a fasi al par della Luna; e noi lo scorgiam *pieno* sì nella congiunzione, che nella opposizione col Sole. E' da riflettersi, che essendo egli in opposizione col Sole, trovasi realmente più vicino alla Terra, che nella sua congiunzione; ed è questa una pruova dimostrativa della falsità del sistema Tolemaico; imperciocchè un tal fenomeno non può addivenire, se non che nel sistema Copernicano, siccome scorgerassi facendone l'applicazione sulla Fig. 3. della Tavola V. Nel sistema Tolemaico la distanza di Marte dalla Terra sarebbe la medesima sì nella sua opposizione, che nella congiunzione col Sole, siccome apparisce dalla Fig. 2. della Tavola testè citata.

Tav. V. Fig. 3.

Tav. V. Fig. 2.

183. Non si comprende per verità, come Marte non sia

(*b*) L'efficacia della luce, e del calore, è nella ragione inversa dei quadrati delle distanze, siccome dimostrerassi a suo luogo.

sia fornito di alcun Satellite, quandochè la Terra, ch'è più prossima al Sole, ne ha uno, e gli altri Pianeti superiori ne hanno anche di più. La notte dunque in Marte esser dee sempre tenebrosa, o la Natura ha dovuto provvederlo di altri mezzi per poterlo rischiarare in tempo di notte. Scorgonsi nel suo disco alcune fasce assai tenui, parallele al suo Equatore, come altresì differenti macchie, il cui aspetto vedesi di tratto in tratto cangiar sensibilmente.

184. A Marte sovrasta Giove, ch'è il massimo fra tutt'i Pianeti, siccome era fra i gentili il massimo tra gli Dei. E' egli discosto dalla Terra 178 milioni, 694 mila, 550 leghe; dimodochè è cinque volte più distante dal Sole di quel che è la nostra Terra; e quindi la grandezza e il calor del sole debbono esser quivi 25 volte minori di quel che si manifestano a noi (*a*). Il suo diametro è di 31 mila, 118 leghe; e perciò il suo volume supera di 1300 volte quello della Terra. Il suo moto periodico è di 11 anni, 317 giorni, descrivendo in ogni ora lo spazio di 10 mila, 793 leghe. La ruotazione intorno al proprio asse si fa in 9 ore e 56 minuti, giusta le osservazioni di Cassini e Maraldi. Da siffatta rapidità di rivolgimento deriva quindi lo schiacciamento notabile, che si ravvisa nel globo di Giove, le cui parti equatoriali sollevansi considerabilmente per virtù della forza centrifuga. Si è in fatto rilevato che il diametro, che passa pei suoi Poli, è a quello del suo equatore come 13 a 14. E' cinto il suo disco da parecchie fasce parallele, alquanto più luminose del disco stesso: ma la lor natura non si è ancora esattamente investigata. Furono esse scoperte per la prima volta quì in Napoli da due padri Gesuiti. Newton le credè derivate dall'atmosfera di Giove: certo è, ch'esse veggonsi cangiar sovente di grandezza, di forma, e di numero, ed osservansi sparse di varie macchie anche variabili. Gioverà scorgerne la forma, che hanno in generale, nella fig. 2. della Tav. VII.

Tav. VII. fig. 2.

185. Giove è fornito inoltre di quattro Lune, o vo-

(*a*) Veggasi la nota antecedente.

vogliam dire *Satelliti*, invisibili ad occhio nudo, scoperti dal nostro Galilei nel 1610, i quali in varj tempi e in diverse distanze gli si aggirano intorno. Ciascuno può immaginare qual grazioso, e variato spettacolo debbono cagionare siffatte Lune agli abitanti, che si suppongono in Giove. Non convengono gli Astronomi in rapporto alla loro grandezza: secondo i calcoli di Cassini e Maraldi, i loro diametri, benchè disuguali, pareggerebbero a un dipresso la metà di quello della Terra. All' opposto risulta dalle osservazioni di Whiston, che il primo Satellite è poco più grande di Marte; che il secondo uguaglia Mercurio; che il terzo è quasi uguale alla Terra; che il quarto finalmente, minore di tutti, non è maggiore della Luna. Gli ecclissi frequenti, a cui soggiacciono siffatti Satelliti durante la loro breve rivoluzione intorno a Giove, sono di un uso grandissimo agli Astronomi per determinare la differenza di longitudine (*a*) tra i varj paesi della Terra, e quindi la loro distanza; onde poi si son ridotte le carte geografiche a quel grado di perfezione, cui certamente non avrebbero inseguito mercè di qualunque altro mezzo finora conosciuto. Piacciavi d'immaginare, ch'essendo io in Napoli, abbia osservato, che un dato ecclisse di uno dei mentovati Satelliti sia accaduto alle ore 5 della mattina, dovechè un Astronomo dimorante in Londra abbia osservato, o rilevato dalle Tavole, esser quello avvenuto alle ore 5, e 59 minuti: siffatto divario di 59 minuti di tempo fra le due osservazioni darà un sicuro argomento, che la differenza di longitudine tra Napoli, e Londra è di 14 gradi, e 45 minuti, assegnandosi 15 gradi per ogni ora di tempo, ed un grado per ogni quattro minuti. Ragionate in simil guisa di altri casi di simigliante natura. La ragione si è, che rivolgendosi la Terra intorno al suo asse nello spazio di 24 ore; che val quanto dire, trapassando ella in giro 360 gradi nel detto spazio di tempo; in ogni ora fassi la rivoluzione di 15 gradi del suo Equa-

to-

(*a*) Della longitudine, e latitudine dei luoghi si tratterà più opportunamente nell' Articolo, che siegue.

tore intorno al Sole; e quindi la differenza del mezzogiorno (e così delle altre ore) tra quei luoghi della Terra, i cui meridiani sono distanti 15 gradi l'un dall'altro equivale ad un'ora. Da quì deriva l'ordinaria pratica degli Astronomi di convertire le ore in gradi, ed al contrario.

186. Siegue a Giove il Pianeta di Saturno, la cui distanza dalla Terra è di 327 milioni, 748 mila, 720 leghe. Laonde essendo egli presso a dieci volte più distante dal Sole che la Terra medesima, il Sole veduto da Saturno apparir dee presso a cento volte minore di quel che noi lo veggiamo; e quindi la luce, e il calor del Sole debbono esser parimenti cento volte minori che nella nostra Terra (§. 181). Ma non dovrà egli per questo riputarsi privo di abitanti: ciò sarebbe ugualmente irragionevole, che se un abitatore della Zona torrida si immaginasse disabitata la Lapponia, per cagion del gran freddo, che ivi regna. La Natura è fecondissima di mezzi per dare agli animali la struttura, e la costituzione conveniente al clima, ove li destina a passare i loro giorni. Chi fa vivere i pesci nell'onde, e dà il potere ai volatili di fender rapidamente l'aria a volo; chi fa vivere l'algente Lappone ugualmente bene, che l'abbronzito Africano, sa ben ritrovar la maniera di render comoda la vita ai gelidi abitanti di Saturno. E chi sa mai, se non possono a ciò contribuire le sue sette Lune, destinategli si provvidamente a tal uopo?

187. Il diametro di Saturno è di 28 mila, 601. lega; e la sua grandezza supera di mille volte quella della Terra. Ad onta però di sì enorme massa, è tale la sua distanza da noi, che a vederlo sembra quasi una stella, e tramanda una luce assai debole. Dalle recentissime osservazioni di Herschel venghiamo vieppiù assicurati 1. esser egli deppresso nei suoi Poli, ed elevato nell'Equatore, talmentechè il diametro equatoriale è al polare, come 11 a 10. 2. esser egli verisimilmente fregiato di una atmosfera, ed aggirarsi intorno al proprio asse al par di Giove. La sua rivoluzione periodica si fa in 29 anni, 177 giorni, scorrendo 8 mila, e 13 leghe nello spazio di ogni ora. E' fornito anche egli di Lune, ossia di Satelliti, al nu-

numero di sette, uno dei quali fu scoperto a bella prima da Hugenio nel 1655, altri quattro furon ravvisati da Cassini negli anni 1671, 1672, 1684, e i due rimanenti da Herschel nell' A. 1788. Essendo questi due più prossimi degli altri al loro Pianeta, di ragione denominar si dovrebbero *primo*, e *secondo*; diconsi però *sesto*, e *settimo*, per essersi ravvisati gli ultimi.

188. Saturno è cinto inoltre da un Anello di una immensa grandezza, alquanto spianato, e concentrico al suo corpo; il quale Anello benchè notabilmente discosto dal disco di Saturno, si mantiene ivi equilibrato per forza di gravità; nella guisa medesima, che un cerchio di solido metallo, che attorniasse il Globo terraqueo in qualche distanza, vi si manterrebbe sospeso, ed immobile, per la ragione, che tutte le sue parti tenderebbero *simultaneamente* verso il centro terrestre, senza poterglisi giammai accostare; di fatto perchè alcune se gli accostassero, converrebbe, che altre se ne allontanassero, ciocchè è contro la legge di gravità. Per iscorgere la forma, e il modo, onde cinge il Pianeta, veggasi la Fig. 2 della Tavola VI. Il diametro di siffatto Anello è a quello di Saturno come 7 a 3; e la sua larghezza uguaglia presso a poco $\frac{1}{3}$ del diametro del mentovato Pianeta. E' egli atto a ricevere la luce del Sole, e quindi a farla rimbalzare su 'l corpo di Saturno. Qualor la sua faccia tenebrosa, o il solo lembo debolmente illustrato dal Sole, rivolgesi alla Terra, rendesi egli del tutto invisibile, siccome avvenne ai 20 di Ottobre del 1789, e siccome accaderà di bel nuovo negli anni futuri 1803, e 1819; in quello ai 17 di Giugno, ed in questo ai 6 di Aprile. Cotale occultazione dura circa un mese, non iscorgendosi, che il globo di Saturno; ed un tal fenomeno dicesi *fase rotonda*. Cotesto Anello fu ravvisato per la prima volta dal gran Galilei nel 1612; Hugenio poscia coll' andar degli anni ne determinò precisamente la forma; giacchè prima di lui chi si immaginava di vedere due *anse*, ossia due manichi aderenti lateralmente al corpo di Saturno, e chi credeva, che vi fossero quivi due corpi rotondi, o due Satelliti. Tutte le ossetvazioni praticate recentemente da Tav. VI. Fig. 2.

Herschel concorrono a dimostrare aver egli un moto di rotazione intorno a se stesso, e compierlo nello spazio di 10 ore, 32 minuti, e circa 15 secondi. Questo Astronomo insigne ha benanche ravvisato esser cotesto Anello diviso nel mezzo, e composto, diciam così, di due piani concentrici in siffatta maniera, che per lo intervallo tra essi frapposto possono talvolta scorgersi le stelle. Attesa la enorme distanza di Saturno, sì l'Anello, che i Satelliti non si possono ravvisare, se non col mezzo di telescopj di un notabile ingrandimento.

189. Il Pianeta di Saturno soffre delle grandi irregolarità nel suo movimento; ciocchè attribuir si dee non solo all'attrazione dei suoi Satelliti, e del suo Anello, ma eziandio a quella di Giove, che gli è sottoposto.

190. Il più elevato fra tutti è il *nuovo Pianeta*, scoperto per la prima volta nel 1781 dal rammentato Herschel (§. 175). Vi ha chi crede con ragione esser egli la supposta stella, notata col numero 964 nel Catalogo di Tobia Mayer, e da lui osservata fin dall'anno 1756. Ravvisò Herschel cotal Pianeta nella fascia del Zodiaco mercè del primo suo telescopio di riflessione di 7 piedi di foco, il quale ingrandisce l'oggetto presso a sei mila volte; e lo denominò *Georgianum Sydus* in onor di Giorgio III attual Sovrano della Gran Bretagna, e munificentissimo suo Mecenate: da alcuni però dicesi *Herschel*, e più comunemente *Urano*, ripurato dai Poeti Padre di Saturno. La sua distanza è doppia di quella di Saturno, ossia al di là di 655 milioni di leghe; disortachè quantunque superi egli quattro volte in diametro, ed 88 volte in grandezza la Terra, pure a stento può ravvisarsi ad occhio nudo, e non comparisce maggiore di una stella di settima grandezza, qualor sia riguardato coi telescopj comuni. E' già noto scorrer egli la sua orbita nello spazio di 83 anni, 150 giorni, e 18 ore, talchè il suo cammino orario è di 5700 leghe. L'insigne suo scopritore, che è senza veruna contesa il primo Astronomo del secolo, ha già ravvisato col suo telescopio due Satelliti, o vogliam dire due Lune, che gli si aggirano intorno; e poichè sono elleno assai di-

sco-

scoste dal corpo del Pianeta, vi è ragion da sperare, che ve ne sieno delle altre in maggior vicinanza.

191. Affin di poter paragonare insieme a un colpo d' occhio le rapportate misure dei diametri, delle grandezze, e delle distanze dei Pianeti, unitamente ai loro tempi periodici, si sono esse ordinatamente registrate nella Tavola, che siegue.

TAVOLA

Ove sono registrati i diametri, le grandezze, le distanze, e i tempi periodici dei Pianeti.

Pianeti.	Loro Diametri in leghe.	Loro grandezze rispetto alla Terra.
Sole	319314	1 milione, e 400 mila volte più grande.
Terra	2865	. . . . .
Luna	782	$\frac{1}{49}$ . . . . .
Mercurio	1166	. . . $\frac{1}{15}$ . . . . .
Venere	2748	Più picciola di $\frac{1}{9}$ . . .
Marte	1695	$\frac{1}{7}$ . . . . .
Giove	31118	. . . 1300 volte maggiore.
Saturno	28601	. . . 1000 volte maggiore.
Anello	66737	. . . . .
Urano	12760	. . . 88 volte maggiore.

Tempi periodici.	Distanze medie dalla Terra in leghe.
Sole	34357480
Terra . . . 365 gior. 5 or. 49'	. . . . .
Luna . . . 27 gior. 7 or. 43'	. . 86324
Mercurio . . 87 gior. 23 ore	34357480
Venere . . . . 224 gior. 17 ore	34357480
Marte . . 1 anno, 321 gior. 23 ore	52350240
Giove . . 11 anni, 317 giorni	178692550
Saturno. 29 anni, 177 giorni	327748720
Urano. 83 anni, e mezzo	655602600

192. Vuolsi quì soggiugnere, che se i Pianeti anziderti, ritrovandosi nelle loro distanze medie dal Sole durante la loro periodica rivoluzione, venissero renduti

duti intieramente scevri dalla forza centrifuga, precipiterebbonsi tutti verso il Sole medesimo; e sarebbe tale la loro rispettiva discesa, che Mercurio vi giugnerebbe in 15 giorni, e 13 ore; Venere in 39 giorni, e 17 ore; la Terra in 64 giorni, e 10 ore; Marte in 121 giorni; Giove in 766 giorni; Saturno in 1902 giorni; e la Luna in 4 giorni, e 20 ore. E quando si supponesse un foro nella Terra, che giugnesse dalla superficie fino al suo centro; un grave impiegherebbe nel discendervi 21 minuti, e 9 secondi. Si è calcolato inoltre, che una palla lanciata da un cannone, trascorrendo uniformemente 200 tese in ogni minuto secondo, impiegherebbe lo spazio di dodici anni e mezzo, per giugnere fino al Sole.

193. Le rispettive grandezze, e distanze dei Pianeti testè dichiarate si sono accuratamente dedotte dalla *Parallasse*, ossia mercè dell'angolo C B A, formato da due rette A B, C B, tirate al Pianeta, una dal centro A della Terra, e l'altra da un punto C della sua superficie. Questa parallasse esprime l'angolo della differenza, che passa tra il *vero* luogo *a* del Pianeta B, ove egli si vedrebbe da uno spettatore collocato nel centro A della Terra, ed il luogo *apparente b*, ove egli si scorge da uno spettatore situato in qualsivoglia punto C della superficie di quella. Egli è dimostrato, che siffatto angolo C B A, il quale dicesi *parallattico*, è nella ragione inversa della distanza del Pianeta dalla Terra: come in fatti l'angolo C B A, che riguarda il Pianeta B, è minore di C D A, appartenente al Pianeta D, che è più prossimo alla Terra. Or la parallasse orizzontale, che riguarda l'Astro osservato nell'orizzonte, è sempre come il diametro apparente; cosicchè rintracciato che sia questo una volta insieme colla parallasse corispondente, si può in ogni altro tempo rilevar siffatta parallasse dalla sola osservazione del diametro apparente. Si conosce l'angolo della parallasse per via di osservazioni praticate contemporaneamente sullo stesso Pianeta da due osservatori situati in due luoghi della Terra distantissimi l'uno dall'altro; come sarebbero, per esempio, Berlino, e 'l Capo di Buona Speranza; oppure con altri metodi, qual sarebbe il passaggio di Venere su 'l disco

Tav. V. Fig. 7.

sco solare (§. 169), gli ecclissi della Luna , ec., che trovansi ampiamente dichiarati nei particolari Trattati di Astronomia .

194. Conosciuta la parallasse orizzontale del Pianeta , si fa nota la sua distanza ; imperciocchè nel triangolo parallattico C R A essendo noto l'angolo C, per essere retto , e l'angolo R , che è la parallasse, osservata ; come altresì il lato A C, che è il semidiametro terrestre ; rendesi immediatamente manifesto il lato A R, ossia la distanza richiesta dal Pianeta , mercè gli ordinarj calcoli trigonometrici . Nella Tavola della pag. 173 abbiam seguito i calcoli recentissimi , rapportati dal Signor de la Lande nel IV Volume della sua Astronomia .

Tav. V. Fig. *.

195. Il diametro *apparente* di un Pianeta , che abbiam dianzi accennato (§. 193) doversi adoperare per misurar la distanza dei Pianeti , è quello, sotto cui il Pianeta medesimo apparisce all'occhio dello spettatore, il quale scorge , per cagion di esempio , il Sole , e la Luna della grandezza del giro di un cappello . A giusto ragionare egli è l'angolo, misurato dall' arco , che in se comprende il diametro stesso, che ne è la corda , e il cui raggio è la distanza di quel tal Pianeta dalla Terra . Così *a b* è il diametro apparente del Pianeta *e*, la cui misura è l'angolo *a d b*, che ha il suo apice *d* nell'occhio dello spettatore , e che si esprime in minuti , e secondi di grado ; dicendosi , per servirmi di un esempio , che il diametro apparente del Sole è di 31 minuti , e 30 $\frac{1}{2}$ secondi ; quello di Mercurio di 11 secondi, ed 8 decime, ec., Il diamerro *reale* all'opposto è quello, che esprime in leghe , o in altre misure , la vera grandezza del Pianeta ; dicendosi , esempigrazia , che il diametro del Sole è di 319 mila , 314 leghe .

Tav.VII. Fig. 3.

196. Or il diametro apparente dei Pianeti si misura col mezzo di un picciolo stromento, detto *Micrometro* , il quale vedrassi rappresentato nella Fig. 4 della Tavola VII . Consiste egli principalmente in due fili paralleli , A B, C D, uno fisso, e l'altro mobile mercè del suo telajo scorrevole R S T V , racchiusi entrambi in una cassetta ; e disposti in maniera , che il filo mobile C D, detto altrimenti *Cursore* , possa , mercè

Tav.VII. Fig. 4.

cè di una vite E F, avvicinarsi, o discostarsi dall'altro A B, e comprendere tra se esattamente il diametro apparenre del Pianeta, che si vuol misurare. Alla vite E F, di cui si ragiona, evvi adattato un indice G, il quale scorrendo su 'l lembo del quadrante, o cerchio graduato H I, a misura che si rivolge la vite; indica le parti centesime di ciascun giro della vite medesima, le quali già si sa per via di osservazioni, a qual numero di minuti, e di secondi gradi sieno equivalenti; conseguentemente per mezzo del Micrometro ottiensi in minuti, ed in secondi la esatta misura degli angoli, sotto cui appariscono i diametri dei Pianeti, o altri piccioli intervalli celesti. In questa Figura non si è rappresentata la cassetta, in cui abbiam detto esser racchiuso il Micrometro, per dimostrar chiaramente la costruzione, e l'uso delle parti più essenziali.

197. Applicato impertanto il Micrometro al tubo oculare del telescopio, e messolo alla distanza focale della lente oculare, ad oggetto che i mentovati fili A B, C D, si possano ravvisar distintamente, immaginatevi, che il diametro di un Pianeta qualunque osservato col Micrometro, obblighi l'Osservatore a discostare l'un dall'altro i fili suddetti, cominciando dal loro contatto, per tante parti, o divisioni del Micrometro, che corrispondano a 31 minuti di un grado, per far sì che i fili medesimi, agguisa di tangenti, tra se comprendano esattamente i due lembi opposti del Pianeta, siccome scorgesi rappresentato nella Fig. 5 della Tavola VII. Dirassi allora, che l'angolo di 31 minuti è l'esatta misura del diametro apparente di quel tal Pianeta. Tav. VII. Fig. 4. Tav. VII. Fig. 5.

198. Vi sono altri Micrometri diversamente costrutti, e ve ne ha anche uno, che dicesi *oggettivo*, per cagione che si applica sulla lente oggettiva del telescopio: tutti però derivano dallo stesso principio. Vi ha similmente altri metodi per misurare i diametri dei pianeti; ma non è possibile descriverli in un Trattato elementare.

199. Ritrovato che sia il diametro apparente, è cosa agevolissima il rinvenire il vero, ossia l'effettivo; conciossiachè nel triangolo *d a b*, rettangolo in *b*, il Tav. VII. Fig. 1.

raggio è al seno *a d b*, come *d a* è ad *a b*; dimodochè moltiplicando la distanza *da* pel seno dell' angolo *e a b*, che esprime il diametro apparente del Pianeta, come si è dichiarato (§. 195), avrassi la misura del diametro vero *a b*.

200. E poichè i diametri apparenti sono tra se nella ragione inversa delle distanze, riesce altresì agevolissimo, mercè le distanze già note dei Pianeti, il ridurre tutti i loro diametri apparenti alla medesima distanza; che val quanto dire il calcolare, quali essi sarebbero, se tutti i Pianeti fossero egualmente distanti dalla Terra; e quindi possono non solo i diametri stessi paragonarsi accuratamente fra loro, ma eziandio le loro grandezze reali, ed effettive.

201. I diametri reali rinvenuti in tal modo possono servir di fondamento per rintracciare, come si è detto, il volume dei Pianeti, essendo dimostrato essere le sfere come i cubi dei loro diametri. Così, sapendo, esempigrazia, che il diametro di Mercurio è a quello della Terra, ridotto alla medesima distanza (§. 200), come la frazione decimale 0, 3889 è ad 1; e che il cubo di tale frazione equivale ad $\frac{1}{17}$; dee francamente dedursi, che il volume di Mercurio è la diciassettesima parte di quello della Terra.

202. Per ciò che riguarda il principio, e il metodo, onde rinvenire le densità dei Pianeti, e le loro masse, ossia le loro rispettive quantità di materia, ne ragioneremo in fine dell' Articolo I della IV Lezione.

203. Quando si conosca in cielo il sentiero del Zodiaco, è facile il distinguere i Pianeti dalle Stelle; giacchè all'infuori delle quattro Stelle di prima grandezza, cioè a dire, *Aldebaran*, ossia l'occhio del Toro, *Regolo*, nella costellazione del Leone, *la Spiga della Vergine*, ed *Antàres*, ossia il cuore dello Scorpione, non vi sono quivi altri Astri di notabil grandezza, all'infuori dei Pianeti, i quali non mai escono dai limiti della fascia del Zodiaco, come in appresso osserveremo. D' altronde un carattere facile e sicuro per discernere i Pianeti, e distinguerli dalle Stelle fisse, si è il loro splendore tranquillo, ed immobile; laddove le Stelle veggonsi sfolgorare di una luce scin-

tillante, ed agitata da un certo movimento di vibrazione. Ciocchè deriva probabilmente dai minimi corpicciuoli opachi gallegianti nella nostra atmosfera, i quali ci nascondono di tratto in tratto i minimi diametri apparenti delle Stelle. Vi ha di fatti chi pretende, che in alcuni luoghi della Terra, in notti molto serene, le Stelle non si veggono scintillare.

204. Egli è però più malagevole il distinguere i Pianeti l'un dall'altro; tuttavolta vi ha dei contrassegni da poterli in qualche modo discernere. Venere, e Mercurio non si discostano giammai dal Sole (§. 165, 168), a cui l'ultimo è più prossimo del primo; oltrecchè Venere è il Pianeta il più luminoso, e brillante dopo la Luna. Se dunque al tramontar del Sole scorgesi un Pianeta, che è più prossimo all'Oriente, che all'Occidente, non sarà egli certamente nè Venere, nè Mercurio; e potrà distinguersi Saturno dalla debolezza della sua luce, a cagione della sua gran distanza dal Sole; Marte dal suo lume rossegiante; Giove dalla sua grandezza, e dal suo vivo splendore. Herschel per la sua picciolezza apparente rassomigliasi ad una Stella fissa di settima grandezza (§. 190). Del resto il mezzo più agevole, e sicuro per distinguere i Pianeti, è quello di rilevare dalle *Effemeridi* il tempo, e l'ora, in cui essi passano il meridiano, e quindi osservarli nel loro passaggio. In tal modo si acquista facilmente la pratica di distinguerli in qualsivoglia altra parte del cielo.

205. Gli antichi Latini diedero ai Pianeti i nomi delle loro Divinità, e li caratterizzarono con segni abbreviati, relativi alle Deità medesime; disortachè Mercurio viene indicato da ☿, ossia da un caduceo; Venere da ♀, ossia da uno specchio guernito di un manico; Marte da ♂, ovver da una freccia su di uno scudo; Giove da ♃, che esprime la prima lettera, onde scrivesi in greco il suo nome Ζευς *Zeus*, coll'aggiunta di una linea trasversale; Saturno da ♄, oppur da una falce; il Sole da ☉, ossia da un globo con un punto centrale; la Luna da ☽, ossia dalla figura della Luna crescente. A loro imitazione poi gli Astronomi dei nostri dì contrassegnano il nuovo Pianeta Herschel per via di un H, espri-

mente la prima lettera del suo nome, con un globetto al di sotto.

ARTICOLO IV.

Breve saggio della Sfera, ossia dei varj Cerchj, in cui si suppone divisa la Terra.

206. Innanzi di innoltrarci nella dichiarazione dei principali fenomeni celesti, uopo è premettere, che gli Astronomi affin di agevolare la intelligenza delle dottrine sì astronomiche, che geografiche, si sono avvisati di assegnar sulla Terra alcuni punti, e varj cerchj, da potersi rapportare anche al Cielo (*a*). Le due estremità dell'asse terrestre, ovvero i due punti intorno ai quali si suppone aggirarsi la Terra, possono riguardarsi come punti principalissimi, e si dà loro la denominazione di *Poli*, cui rammenteremo in appresso coi rimanenti punti. Trà i cerchj poi altri diconsi *maggiori*, perchè il lor piano passando pel centro terrestre, va a segnare il Globo in due uguali emisferi; ed altri *minori*, per ragion che il lor piano va a passare pel centro suddetto, nè sega il Globo in due uguali emisferi. Sono essi in tutto il numero di dieci; annoverandosene sei trà i primi, e quattro fra i secondi. I cerchj maggiori sono *l'Orizzonte*, *l'Equatore*, *il Meridiano*, *il Zodiaco*, *e i due Coluri*: i minori riduconsi ai due *Tropici*, ed ai *Cerchj polari*.

Tav. VIII. Fig. 4

207. L'Orizzonte, ossia *cerchio terminatore* AB, si suppone cingere il Globo terraqueo in modo tale, che divide l'emisfero superiore, o sia il visibile a noi, dall'inferiore, ovver da quello, che noi non vediamo; onde è, che il Sole, la Luna, e i rimanenti corpi celesti, diconsi *nascere*, qualora si elevano al di sopra dell'Orizzonte, e si dicono *tramontare*, quando discendono al di sotto di esso. Determina egli dunque la

(*a*) Per intendere agevolmente le dottrine contenute in questo articolo, fa d'uopo provvedersi di una *Sfera armiliare*, od anche meglio di un *Globo terrestre*.

la durata del giorno, e della notte; ed ha per la sua proprietà l'esser sempre distante per 90 gradi dal punto, che sovrasta verticalmente al capo dello spettatore, che si suppone sempre collocato nel centro di esso; dimodochè cambiasi l'orizzonte a misura che si va cangiando il nostro luogo sulla Terra. Il detto punto verticale dicesi *Zenit*, laddove l'altro, che gli è diametralmente opposto, e riguarda per conseguenza i piedi dello spettatore, si denomina *Nadir*: i quali punti, a parlar giustamente, altro non sono, se non se ambi i Poli dell'Orizzonte, ossia l'estremità del suo asse. Una linea, che si suppone tirata dall'uno all'altro di cotesti punti, dicesi *linea verticale*; ed un cerchio, che si suppone passare per entrambi i punti medesimi, dicesi *cerchio verticale*, o semplicemente *verticale*. Uopo è distinguere siffatto Orizzonte *vero*, o *astronomico*, dall'Orizzonte *apparente*, ossia *sensibile*, che è quel cerchio immaginario, che limita tutti all'intorno la nostra vista, qualor ci troviamo in luoghi aperti, ove può l'occhio liberamente spaziare. E' egli sempre parallelo all'Orizzonte vero, ma vedesi crescere, o scemare, secondochè l'occhio nostro, od anche gli oggetti, che riguardiamo, trovansi più, o meno elevati dalla superficie terrestre (*a*). Fig. 4.

208. Quegli abitatori, e quei luoghi della Terra, i quali sono situati in luoghi diametralmente opposti, cosicchè il zenit di uno è il nadir dell'altro, ed uno ha la notte, quando l'altro ha il giorno, diconsi *antipodi*. Or siccome le loro linee verticali prolungate passano pel centro della Terra; tuttochè abbiano essi opposti i loro piedi, gravitano entrambi verso il centro medesimo, ove i corpi sono generalmente sforzati a discendere (§. 70). Questa è la ragione, per cui mantengonsi eglino ugualmenre stabili, e fermi su di ogni punto della superficie terrestre, non ostante che il capo dell'uno riguardi l'emisfero superiore, e l'altro l'inferiore. Chiunque falsamente immagina, che il

suo

(*a*) Questo punto sarà rischiarato maggiormente nel progresso di questa Opera, e propriamente in fine della Lezione XXXIII, riguardante *la Luce*.

suo antipodo non si possa mantener sulla Terra, vede bene nel tempo stesso, che secondo la sua idea, dovrebbe quello discostarsi dal centro terrestre, e cadere verso il cielo: cosa assolutamente contraria alle leggi della Gravità.

Tav. VIII. Fig. 4. 209. L'Equatore CD, detto altrimenti *linea equinoziale*, si suppone cinger la Terra in tal direzione, che essendo ugualmente distante dai Poli di quella X, Z, viene quindi a ripartirla in due ugual emisferi, uno dei quali guarda il Settentrione, e l'altro il Mezzogiorno; dicendosi perciò *emisfero settentrionale*, e *meridionale*. Dicesi egli Equatore, perchè qualora il Sole descrive apparentemente il suo sentiere; che val quanto dire, qualora la Terra si inclina in modo, che rivolge direttamente al Sole il suo Equatore, come in seguito dimostreremo, le notti uguagliano i giorni in tutta la Terra. L'Asse dell'Equatore, XZ, è precisamente lo stesso, che l'Asse terrestre; e conseguentemente i suoi Poli nulla differiscono dai Poli della Terra. Ricevono questi la denominazione di *Polo Artico*, ed *Antartico*, ossia di *Boreale*, ed *Australe*; e non sono ugualmente visibili da tutti i luoghi della Terra. Gli abitatori dei Poli stessi, il cui Orizzonte è parallelo all'Equatore, e che diconsi perciò aver la *Sfera parallela*, non ne veggono, che un solo, essendo quelli diametralmente situati nel loro zenit, e nadir. Gli abitanti dell'Equatore, che vien segato ad angoli retti dal loro Orizzonte, e che per tal motivo diconsi avere la *Sfera retta*, gli veggono entrambi nell'Orizzonte medesimo. Tutti gli abitanti dei rimanenti luoghi della Terra, che anno la *Sfera obbliqua*, perchè il loro Orizzonte sega l'Equatore obbliquamente, veggono soltanto quel Polo, che trovasi elevato su 'l loro Orizzonte. Così appunto succede a noi, a cui non è visibile, che il Polo Artico, ossia settentrionale. Quindi disse Virgilio parlando dei due Poli:

Hic vertex nobis semper sublimis, at illum
Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi.

210. La maniera agevole a poter discernere in cielo il

lo il punto corrispondente al Polo Artico visibile a noi, si è quella di imparar a conoscere la *Stella polare*, che non è discosta da un tal Polo, che di soli due gradi. Siffatta Stella è l'ultima della coda dell'*Orsa minore*, ossia della *Cinosura*, poco lungi della Costellazione dell'*Orsa maggiore*, detta volgarmente il *Carro* fin dai tempi di Omero. Prima della invenzion della bussola serviva ella di guida ai naviganti nei loro diversi viaggi. Avendo la faccia rivolta alla Stella polare, e stendendo le braccia in croce, avrassi di fronte il Polo Artico, alle spalle l'Antartico, alla destra l'Oriente, ed alla sinistra l'Occidente.

211. Abbiam detto nel §. 209, che gli abitanti dell'Equatore veggono i Poli radere il loro Orizzonte. Egli è dunque chiaro, che coloro, i quali abitano i luoghi della Terra, che sono frapposti fra l'Equatore, e i Poli, debbono scorgere il Polo ad essi visibile, diversamente elevato; giacchè cangiandosi l'Orizzonte a misura che i luoghi della Terra discostansi dall'Equatore (§. 207); succede lo stesso, che avverrebbe se l'Orizzonte dei popoli equatoriali si andasse inclinando, ed abbassando di mano in mano, e conseguentemente come se il Polo visibile della Terra si andasse elevando nella medesima proporzione. Or siffatta elevazione, detta comunemente *altezza del Polo*, vien misurata mercè dell'arco del verticale (§. 207) frapposto tra il Polo, e il proprio Orizzonte, e si esprime in gradi, e minuti; dicendosi, esempigrazia, che l'altezza del Polo di Napoli è di 40 gradi, 50 minuti, e 22 secondi; quella di Londra è di 51 gradi, e 51 minuti; e così delle rimanenti. Siccome gli Astronomi fanno grand'uso della altezza del Polo nello scioglimento di molti problemi, la cognizione di essa è divenuta interessantissima, e perciò si son formate delle Tavole, in cui sono registrate sì l'altezza del Polo, che la longitudine dei luoghi più rimarchevoli della Terra.

212. Rivolgendo lo sguardo al Globo terrestre, è facile il ravvisare, che il cerchio dell'Equatore circonda in modo la Terra, che attraversando l'Africa, il Mar dell'Indie, le Isole di Sumatra, di Borneo, e il Mar Pacifico, trapassa quindi l'Ametica meridiona-

nale, cominciando dalla Provincia di Quito nel Perù, fino all'imboccatura del fiume delle Amazzoni.

Tav. VIII. Fig. 4. 213. Il Zodiaco E F è un'ampia fascia, che sega l'Equatore in due punti ad angoli obbliqui; e discostandosi da quello pel tratto di circa 23 gradi e mezzo, sì verso l'emisfero settentrionale, che verso il meridionale, divide per conseguenza obliquamente il Globo. Ha egli un sentiere nel suo mezzo, denominato *Ecclittica*, su cui son segnati i dodici segni detti del Zodiaco; cioè a dire

♈ ♉ ♊ ♋ ♌
Ariete, *Toro*, *Gemelli*, *Cancro*, *Leone*;
♍
Vergine,
♎ ♏ ♐ ♑
Libra, *Scorpione*, *Sagittario*, *Capricorno*,
♒ ♓
Aquario, *Pesci*;

ciascuno dei quali è diviso in 30 gradi, e serve ad indicare l'apparente annua carriera del Sole, oppure il vero corso della Terra, siccome spiegheremo tra poco. La fascia del Zodiaco in se contiene tutte le orbite dei Pianeti, le quali non si allontanano dall'Ecclittica che otto gradi in ciascun lato di essa. Quelle delle Comete soltanto se ne discostano notabilmente, a cagione dell'incostanza della loro direzione (§. 160).

214. Attesa la posizione, che noi occupiamo sulla Terra, il nostro Orizzonte sega obbliquamente, l'Equatore, e quindi la Sfera per noi è obbliqua (§ 209). Che però ritrovandosi elevata su 'l nostro Orizzonte quella porzione dell' Ecclittica, che in se comprende i segni di Capricorno, Aquario, Pesci, Ariete, Toro, e Gemelli, ne siegue di ragione, che il Sole, cominciando dai 21 Dicembre, allorchè trovasi nel segno di Capricorno, e succede il solstizio d'inverno, come poscia dichiareremo, sembra ascendere in alto ogni giorno, finchè non giunga al segno di Cancro ossia fino ai 21 di Giugno, allorchè fassi il solstizio di està. Quindi è, che i sopradetti sei segni diconsi *ascendenti*, la differenza dei rimanenti, che si denominano *discendenti* per l'opposta ragione.

215. Abbiam testè accennato, che l'Ecclittica sega l'Equa-

l' Equatore in due opposti punti. Gli Astronomi dei primi tempi rinvennero esser questi nei segni di Ariete, e di Libra; e non ostante che i moderni abbiano osservato essere avvenuto in ciò un notabile cambiamento, siccome in appresso dichiareremo, proseguono tuttavia a servirsi di questa stessa idea nel lor volgare linguaggio. I mentovati due punti diconsi *equinoziali*, per la ragione che quando il Sole, o per meglio dire la Terra, giugne al di sopra di essi nell' annuo suo corso, succedono gli *equinozj*, che val quanto dire, che i giorni, e le notti sono di pari durata in tutto il Globo terraqueo.

216. La massima declinazione dell' Ecclitica, ossia la massima distanza dei suoi punti equinoziali dall' Equatore, dicesi *obbliquità dell' Ecclittica*, che fassi ascendere ai dì nostri, come si è accennato, a 23 gradi, e 28 minuti. Si è rinvenuto però esser ella alquanto variabile; imperciocchè a tempo del celebre Astronomo Ipparco, ossia presso a due mila anni addietro, ella era di 24 gradi, e circa 50 minuti. Si scema ella dunque a gradi, e propriamente di circa un minuto, e 18 secondi in ogni secolo, e conseguentemente di altrettanto si va mano mano ristringendo il corso apparente del Sole, ossia l'estensione della carriera annua della Terra, di cui renderassi ragione nell'Articolo seguente.

217. L' Equatore, e l' Ecclittica sono i due cerchj della Sfera, a cui principalmente rapportansi dagli Astronomi le posizioni, e il corso degli Astri, la cui misura, e i cui moti sogliono determinarsi per via di *longitudine*, *latitudine*, *ascensione retta*, *e declinazione*. La longitudine, e l' ascensione retta hanno per principio fisso il punto equinoziale di Ariete, con questa differenza, che la longitudine si misura a segni, a gradi, ed a minuti sul cerchio dell' Ecclittica, e l'ascensione retta si calcola a gradi, ed a minuti sul cerchio dell' Equatore. La longitudine adunque degli Astri è *l'arco dell' Ecclittica, compreso tra il punto equinoziale di Ariete, e il punto dell' Ecclittica, ove l'Astro si ritrova*; disortachè dicendosi, esempigrazia, che la longitudine del Sole in un dato giorno è di 5 segni, 20 gradi, e 10 minuti, è lo stesso che dire, che il Sole, cominciando dal detto punto equi-

no-

noziale, è avvanzato apparentemente nel sentiere dell' Ecclittica 5 segni, 20 gradi, e 10 minuti. L' ascensione retta poi degli Astri è *l' arco dell' Equatore, compreso tra il punto equinoziale di Ariete, e quel punto dell' Equatore, a cui quel tale Astro sovrasta perpendicolarmente*. Se tutti gli Astri descrivessero col loro moto diurno apparente il sentiero dell' equatore, riuscirebbe agevolissimo il calcolare l' ascensione retta sull' Equatore medesimo, siccome abbiam detto; ma poichè molti degli Astri descrivono col lor moto diurno dei cerchj pressochè paralleli all'Equatore, l'ascensione retta si determina mercè del passaggio degli Astri sul meridiano; imperciocchè essendo i meridiani, come tra poco dichiareremo, perpendicolari all' Equatore, tutti quegli Astri, che passano il meridiano nel tempo stesso, si rapportano allo stesso punto dell' Equatore, e conseguentemente hanno la medesima ascensione retta. Se il mentovato passaggio succede in ore diverse, la differenza di siffatte ore dà la differenza dell' ascensione retta, assegnando 15 gradi dell' Equatore ad ogni ora (§. 185). Suppongasi, per esempio, che sappiasi in virtù di osservazioni già fatte, che un Astro qualunque prossimo al punto equinoziale, giunto che sia al meridiano, abbia 15 gradi di ascensione retta; se un'altra Stella giugne al meridiano stesso un'ora più tardi, la differenza dell' ascensione retta di cotesti due Astri sarà di 15 gradi, i quali aggiunti ai 15 gradi dell' ascensione retta della prima Stella già nota, danno la somma di 30 gradi, che sarà l'ascensione retta della seconda Stella. Così si ragioni delle rimanenti. Con siffatto metodo si sono formate delle Tavole, ove trovansi calcolate le ascensioni rette degli Astri i più rimarchevoli, siccome può scorgersi nella Effemeridi, negli Almanacchi, e nei particolari trattati di Astronomia.

218. Rivolgendosi la Terra intorno al proprio asse nello spazio di 24 ore, o procedendo ella nel tempo stesso col suo moto annuo lungo il sentiere dell' Ecclittica, ne siegue di ragione, che gli Astri sembrano fare il loro giro sui cerchj pressochè paralleli all'Equatore, e che siffatti cerchj si discostano giornalmente dall'Equatore medesimo. Queste varie distanze dall' Equa-

Equatore diconsi *declinazione* degli Astri; e si misurano sui cerchj perpendicolari all' Equatore suddetto, ossia sui meridiani, che vanno ad intersegarsi nei Poli; in guisachè dicendosi, che la declinazione del Sole nel dì 21 di Giugno è di 23 gradi e mezzo, val quanto dire, che l'arco del Meridiano frapposto tra l' Equatore, e il punto del Meridiano stesso, a cui il Sole sovrasta in quel tal giorno, è di 23 gradi e mezzo.

219. Abbiamo accennato (§. 213), che non tutti gli Astri seguono il sentiere dell'Ecclittica. Ve ne ha di quelli, che se ne discostano alcuni gradi, sia dall' uno, che dall' altro lato della medesima, nell'ampiezza del Zodiaco. Cotal distanza misurata sui cerchj perpendicolari alla Ecclittica, dicesi *latitudine* degli Astri; la quale non altrimenti che la longitudine; la ascensione retta, e la declinazione, trovasi registrata nelle Tavole di sopra mentovate (§. 217).

220. Il Meridiano XCZD passa pei due Poli, se- Tav. VIII. Fig. 4.
gando ad angoli retti l' Equatore, e tutti i suoi paralleli, di cui farem menzione or ora; sicchè divide il Globo in due emisferi, *orientale*, ed *occidentale*. Il numero dei Meridiani uguaglia quello dei punti assegnabili sull' Equatore, non essendoci alcun punto della Terra, nell' andar direttamente dall'Oriente all' Occidente, il quale non abbia il suo particolar Meridiano, che passa pel suo zenit. Gli si dà siffatta denominazione, perchè giunto il Sole a poggiar su di esso, o per meglio dire, perchè aggirandosi la Terra intorno al proprio asse; i luoghi, e i popoli della medesima hanno successivamente il mezzogiorno, allorchè giungono al di sotto di quel Meridiano celeste, a cui il Sole sovrasta verticalmente. Fra i tanti Meridiani anzidetti, che van tutti ad intersegarsi nei Poli, convien che ve ne sia uno, da cui altri possa incominciare a contarli, e che perciò si dica il *primo* fra tutti. Siffatto primo Meridiano, giusta lo stabilimento fatto in Francia nel 1634, dovea passare per l' Isola del Ferro, che è la più occidentale tra le Canarie, seguendo d' appresso le idee di Tolommeo: ma siccome il luogo principale di cotesta Isola è 19 gradi, 53 minuti, e 45 secondi più occidentale di Pa-

rigi; il celebre Geografo Mr. de la Isle si avvisò di ridurre siffatta longitudine a numeri rotondi, e quindi stabilì, che il primo Meridiano dovesse farsi passare sul 20 grado all'occidente di Parigi, come si è praticato quasi generalmente dai Geografi. Ora però sembra di aver preso gran voga il costume di cominciar a numerare la longitudine dal Meridiano, che passa per la Capitale, oppur per l'Osservatorio del proprio Paese, dicendosi dal Meridiano di Londra, di Greenwich, di Parigi, di Napoli, ec.

221. L'Asse del Meridiano sega l'Orizzonte ad angoli retti; e i punti ove segue siffatta intersegazione, diconsi propriamente *Oriente*, ed *Occidente*, ossia *Est*, ed *Ouest*; laddove quelli, che corrispondono ai due Poli terrestri, ovvero ad ambe l'estremità dell'Asse della Terra, prendono la denominazione di *Settentrione*, e *Mezzogiorno*, oppure di *Nord*, e *Sud*. Tutti e quattro insieme uniti diconsi generalmente *Punti cardinali*, per essere i principali fra tutti gli altri, che assegnar si sogliono su il giro dell'Orizzonte, dei quali ragioneremo poscia nel Trattato dei Venti.

222. Passando il Meridiano pel zenit (§. 220), dee necessariamente seguirne, che il Sole giunto al Meridiano, trovasi nel punto il più sublime del suo corso giornaliero, talchè di là dee egli gradatamente discendere fino al suo tramontare. Or veggiamo coll'esperienza, che le ombre dei corpi sono della massima lunghezza sì nel nascere, che nel tramontar del Sole, e sono le minime, quando egli poggia sovra il Meridiano; e conseguentemente, che sono elleno uguali, qualora il Sole sì nell'ascendere, che nel discendere dal Meridiano, trovasi in punti ugualmente distanti dal Meridiano medesimo. Sovra questo principio è fondato il metodo ordinario, di cui fanno uso gli Astronomi, per descrivere agevolmente la *linea meridiana*, ossia per determinare il vero punto del mezzogiorno.

223. Abbiasi a tal uopo una pietra perfettamente spianata, sia di marmo, ovver di lavagna, qual sarebbe A B C D; e messala esattamente a livello in un sito, ove splenda il Sole durante alcune ore del giorno, e principalmente all'ora del mezzodì, scelgasi su

Tav. VII. Fig. 6.

quel

quel piano un punto qualsivoglia, come E; su di cui applicata una punta di un compasso, si descrivano varj archi concentrici, cui supporremo, *a b*, *c d*; ec. Ciò fatto, si adatti nel centro E in posizione perfettamente verticale il piede di uno *gnomone*, o sia *stiletto* E F, alquanto aguzzo in cima, e della altezza di circa tre pollici. Aggiustate così le cose, si osservi, tre ore all'incirca prima del mezzogiorno, su quale di quegli archi descritti va a cadere l'apice dell'ombra di quel tale gnomone E F; e si noti esattamente un tal punto, che ora supporremo di essere *x*. Per terminare la operazione, uopo è cogliere il momento, dopo il mezzogiorno, in cui l'apice della detta ombra dello gnomone, venga a toccare lo stesso arco *a b*, e si contrassegni parimente siffatto punto, cui figureremo essere *z*. Avuti che sieno cotesti due punti, allorchè le ombre E *x*, e *z*, sono di ugual lunghezza, possiamo esser sicuri, che il Sole in quei dati tempi, cioè a dire sì prima, che dopo il mezzogiorno, si ritrovava ad uguali altezze dall'Orizzonte (§. 222.). Il Meridiano dunque ritrovar si dee nel loro preciso mezzo. Che però diviso esattamente l'arco *a b* in due uguali porzioni nel punto *y*, la linea E *y* tirata pel punto *y*, e il centro indicato E, ossia pel piede del gnomone, sarà la linea meridiana, ovver la sezione del Meridiano coll'Orizzonte; in guisachè tutte le volte che l'apice dell'ombra del mentovato gnomone andrà a toccare esattamente cotesta linea; dovremo esser sicuri, che il Sole in quel punto poggia su 'l Meridiano, e quindi che sia il preciso punto del mezzogiorno. Ripetendo la medesima operazione su 'l cerchio *c d*, e su gli altri simiglianti; e ritrovando, che la Meridiana tirata pei punti E, e *z*, coincide colla già rinvenuta E *y*, non si avrà verun motivo di dubitare della sua accuratezza.

224. Perchè la linea meridiana rintracciata nell'indicato modo riesca più esatta, vuolsi fare la detta operazione in tempi, che sieno prossimi ad uno dei giorni solstiziali; cioè a dire verso li 21 di Giugno, o il 21 di Dicembre. La ragione si è, che in quel tempo la declinazione del Sole non varia sensibilmente nell'intero corso della giornata, come tra poco spiegheremo.

In altri tempi il Sole non descrive cerchj paralleli all' Equatore, a cagion del progresso, che la Terra va facendo lungo la Ecclitica (§. 218).

225. I due Coluri legansi scambievolmente ad angoli retti nei due Poli, passando uno pei due punti solstiziali della Ecclittica, che son quei di Cancro, e di Capricorno, e l'altro pei due punti equinoziali, che son quelli di Ariete, e di Libra: onde è poi, che quello dicesi *Coluro dei Solstizj*, e questo *Coluro degli Equinozj*. Effettivamente però altro essi non sono, se non se due principali Meridiani. Diconsi Coluri dalla voce greca κόλουος *coluros*, che significa *troncato*, venendo essi tagliati in varie porzioni dai cerchj sì maggiori, che minori della Sfera.

226. I Cerchj minori riduconsi, come si è detto, ai due Tropici, e ai due Polari. Sono tutti e quattro tra se paralleli, non altrimenti che all' Equatore, da cui i Tropici si discostano per circa 23 gradi e mezzo, qual è appunto la massima obbliquità della Ecclittica (§. 216), a cui servono di limiti, uno verso il Polo Artico, e l'altro verso l'Antartico. Il Tropico FG esistente nell' emisfero boreale, ove noi siam collocati, dicesi *Tropico di Cancro*, segando appuntino sulla Ecclittica il segno di tal nome; e quello, che esiste nell' emisfero australe, HE, dicesi di *Capricorno*, passando egli su tal segno. L'apparente annua carriera del Sole non oltrepassando giammai i detti Tropici, succedono in essi i *Solstizj*, cui poscia spiegheremo; cioè a dire quello di state nel Tropico di Cancro, e quel d'inverno nel Tropico di Capricorno.

Tav. VIII. Fig. 4.

227. Una semplice occhiata su di un Globo terrestre farà agevolmente scorgere, che il Tropico di Capricorno circonda la Terra in modo, che attraversa il paese degli Hottentotti nell'Africa, e il Brasile, il Paraguay, e il Perù nell'America laddove il Tropico di Cancro passa in vicinanza del Monte Atlante sulla costa occidentale dell' Africa, per Siene Città della Etiopia, su il Mar Rosso, il Monte Sinai, sulla Mecca, l'Arabia felice, su i confini della Persia, sulle Indie, sulla China, su 'l Mar Pacifico, su 'l Messico, e sull' Isola di Cuba.

228.

228. In distanza di 23 gradi e mezzo da ambidue i Poli vi sono due piccioli Cerchj I K, L M, denominati *Polari*; dicendosi uno *Artico*, e l'altro *Antartico*, perchè ciascheduno di essi corrisponde al Polo della medesima denominazione. Tutti gli altri Cerchj frapposti tra i Polari, e l'Equatore, diconsi *Paralleli*, per essere in realtà paralleli a quelli: e fra essi i Tropici, e i Polari fanno la principal figura. Quelle porzioni dei paralleli, che stando al di sopra dell'Orizzonte, sono illuminate dal Sole, sogliono denominarsi *Archi diurni*; dicendosi *Archi notturni* le porzioni rimanenti, le quali collocate al di sotto dell'Orizzonte, giacciono fra le tenebre nel tempo stesso. Tav. VIII. Fig. 4.

229. Volgendo lo sguardo su di un Globo terrestre, manifestamente si rileva, che gli spazj compresi fra i due Tropici; fra ciascuno dei Tropici, e il Cerchio polare corrispondente; tra ciascun Cerchio polare, e il suo Polo vicino, si rassomigliano ad altrettante fasce, che per tal motivo si denominano *Zone*: dicendosi *Torrida* quella, che racchiusa fra i Tropici, vien segata per mezzo dall'Equatore, perchè riputata cocente, e disabitata dagli Antichi, a cui era del tutto ignota siffatta region della Terra; e *Fredde*, ossia agghiacciate quelle altre, che cominciando dal Cerchio Polare in ciascuno emisfero, stendonsi poscia fino ai Poli corrispondenti. La terza, e la quarta, che trovansi frapposte fra la Torrida, e la Fredda, avendo per confini in ciascun emisfero il Tropico da una parte, e il Cerchio polare dall'altra, prendono la denominazione di *Zone Temperate*. Sono dunque le Zone al numero di cinque; cioè a dire una Fredda, ed una Temperata nell'emisfero boreale; altrettante nell'australe; ed una nel mezzo, la quale essendo ugualmente divisa dall'Equatore, stendesi per metà verso l'uno, e per metà verso l'altro emisfero. Così nel libro I delle Georgiche colla solita venustà le descrive Virgilio.

Quinque tenent cœlum zonæ; quarum una corusco
Semper sole rubens, & torrida semper ab igni:
Quam circum extremæ dextra levaque trahuntur
Cærulea glacie concretæ, atque imbribus atris.

Has inter mediamque duæ mortalibus ægris
Munere concessæ Divum, & via secta per ambas,
Obliquus qua se signorum verteret ordo.

230. Le distanze dei luoghi terrestri rapportansi dai Geografi all' Equatore, ed al primo Meridiano. Si rapportano all' Equatore nell' andar dal Nord verso il Sud, o al contrario: si riferiscono al primo Meridiano nell' andar dall' Est verso l' Ouest; oppure in direzione opposta. Quelle si misurano *mercè l' arco del Meridiano, che si frappone tra l' Equatore, e il luogo qualsivoglia*, e si esprimono colla denominazione di *Latitudine*; queste *mercè l' arco dell' Equatore, frapposto tra il primo Meridiano, e quello del luogo in quistione*, e prendono il nome di *Longitudine*. Che però dicendosi, che la Latitudine di Napoli è di 40 gradi, 50 minuti, e 22 secondi, vuolsi intendere, che l' arco del Meridiano di Napoli, compreso fra l'Equatore, e il zenit di Napoli, è di 40 gradi, 50 minuti, e 22 secondi; il qual arco esprime la distanza di Napoli dall'Equatore. E siccome cotal distanza esser può nell' emisfero settentrionale, oppur nel meridionale, così distinguesi la Latitudine in *settentrionale*, e *meridionale*. Dicendosi similmente, che la Longitudine di Napoli è di 31 gradi, 52 minuti, e 30 secondi, si vuol intendere, che il Meridiano di Napoli è discosto dal primo Meridiano (§. 220) per 31 gradi, 52 minuti, e 30 secondi, per esser tale la misura dell' arco dell' Equatore, frapposto tra il primo Meridiano, e quello di Napoli.

231. Colla scorta di tali lumi possiamo ora francamente innoltrarci nella spiegazione dei principali fenomeni celesti mercè il sistema Copernicano.

ARTICOLO V.

Spiegazione dei principali Fenomeni celesti secondo il sistema Copernicano.

232. DUe moti ha realmente la Terra a tenor del sistema Copernicano: uno dicesi *diurno*, ossia *moto di vertigine*, e fassi intorno al proprio asse dall' Occi-

den-

dente all' Oriente nel tratto di 24 ore; l' altro chiamasi *annuo*, ossia *periodico*; perchè si esegue nello spazio di un anno scorrendo la sua grande orbita, ovvero la vasta carriera della Ecclittica, intorno al Sole. A questi si aggiugne impropriamente il terzo, denominato *moto di parallelismo*, serbando la Terra il suo asse sempre parallelo a se medesimo in tutte le posizioni, in cui si ritrova scortendo la sua orbita: ma siffaro parallelismo, a ragionar diritto, non è che una privazione di moto; derivando egli dalla costante direzione dell' asse terrestre, il quale spinto insiem colla Terra lungo l' annuo orbe da una forza diretta contro il centro della Terra medesima, non vien determinato da veruna cagione ad inclinarsi diversamente nello scorrer pei varj punti dell' orbe mentovato, di quel che lo era nel bel principio di una tal carriera. La tranquillità grandissima, onde la Terra esegue siffatti movimenti, ce li rende del tutto insensibili, non altrimenti che colui, il quale racchiuso entro una nave, e solcando il mare in perfetta calma, si immagina di stare in riposo.

233. Il moto diurno della Terra da Occidente verso Oriente nello spazio di 24 ore, ci cagiona la illusione circa il moto giornaliero degli Astri, facendoci apparire, che essi si muovano con moto contrario, cioè a dire da Oriente verso Occidente, nel medesimo intervallo di 24 ore; appunto come colui, che non sentendo il moto della nave, che veleggia, crede, volgendo lo sguardo al lido, di ravvisare in quello il suo movimento in direzione affatto contraria, parendogli, che il lido venga a se, quando egli gli va incontro, e che all'opposto sen fugga, qualora egli se ne allontana verso l'opposta parte. A misura dunque, che la Terra vassi rivolgendo intorno al proprio asse verso l'Oriente, sembra a noi, che il Sole, quantunque immobile, non altrimenti che tutti gli Astri, salga su dall' Orizzonte, ossia dal cerchio terminatore della nostra vista, e prosegua il suo corso giornaliero verso l'Occidente; onde è poi, che il detto moto diurno degli Astri è infatti una pura illusione, e dell' intutto apparente. Sia S il Sole immobile nel centro dell' Universo, e B C D la Terra, che si rivolga intorno Tav. V. Fig. 9.

al suo asse A da D verso B, ovvero dall'Occidente verso l'Oriente. Rapportandosi lo spettatore *d* (che supporremo sempre collocato, per cagion di esempio, in Napoli) al punto D del cielo, vedrà egli il Sole nascente, principiando allora i raggi solari S G a ferire il suo Orizzonte. Dopo che la Città di Napoli, mercè il moto giornaliero della Terra, sarà avvanzata tanto oltre, che lo stesso spettatore *d* rapporterassi al punto C del Firmamento, troverà egli di avere il Sole su 'l suo meridiano, ed essergli verticale. Procedendo oltre la Città di Napoli insiem colla Terra da C verso B, l'anzidetto spettatore *d* avrà su il suo zenit il punto B del Firmamento, sicchè gli parrà, che il Sole S sia già nel punto del suo tramontare, attesochè i raggi solari S F radono il suo Orizzonte, per esser perduti intieramente di vista, talmentechè succederà il crepuscolo della sera; ed avverrà poscia mezza notte, qualora lo spettatore *d* sarà giunto a corrispondenza del punto E del cielo, avendo egli allora il Sole S precisamente nel suo nadir: e qualora colla Terra sarà egli pervenuto di bel nuovo al di sotto del punto D, tornerà a scorger la levata del Sole, come nel giorno antecedente. Laonde il moto *reale* della Terra da D verso C, e B, cagionerà il moto *apparente* del Sole da B verso C, e D. Il moto diurno dunque della Terra è ciò, che produce in realtà la notte, ed il giorno; laddove il moto annuo intorno alla orbita, unito a quella tale inclinazion dell'asse, che gli fa serbare la posizion sua sempre parallela a se medesimo, viene a produrre l'apparenza dell'annuo giro del Sole, e la ineguaglianza delle stagioni.

Tav. VIII. fig. 2. 234. Scorgesi in fatti, che essendo la Terra in A, e propriamente nel segno di Libra, ove ella effettivamente si trova ai 20 di Marzo, terrà rivolto al Sole il suo Equatore E F in modo tale, che sarà quello verticale all'Equatore medesimo. Dal che ne avverrà, che essendo allora il Sole nel preciso mezzo di ambi gli emisferi, ecco à necessariamente produrre la mezza stagione, ossia il principio di *Primavera*; e rapportandosi il Sole dagli abitatori terrestri al punto C nella opposta parte del cielo, vedrassi per conseguenza nel se-

segno di Ariete. Ne avverrà similmente l'*Equinozio di Primavera*; stantechè essendo il Sole verticale all' Equatore; l'Orrizonte, che costituisce i limiti fra la luce, e le tenebre (§. 207), passerà pei due Poli; e quindi essendo gli archi diurni uguali ai notturni; che val quanto dire, ritrovandosi la metà dell' Equatore, e dei suoi paralleli, al di sopra, e l'altra metà al di sotto dell' Orizzonte; sarà quella rivolta al Sole per 12 ore, nella rivoluzione giornaliera della Terra, e questa opposta per altre 12; e così la notte riuscirà uguale al giorno in tutto il Globo terraqueo. Proseguendo quindi la Terra l'annua sua rivoluzione intorno al Sole, e giungendo al punto B, ovvero al segno di Capricorno, ai 21 di Giugno, chiaramente si ravvisa, che non può ella serbare il suo asse X Z parallelo alla posizione, cui avea in A, senza che il Polo australe X declini dal Sole S, e senza che il Polo boreale Z a lui si rivolga; cosicchè la Terra presenterà al Sole il Tropico di Cancro I K invece dell' Equatore. Dal che ne avverrà, che essendo il Sole in quel tempo esattamente verticale al Tropico anzidetto, produrrà la *Stagione di State* per tutti quei popoli, i quali trovansi collocati nell' emisfero boreale, a cui quel Tropico corrisponde; e riferendosi il Sole al punto D, sembrerà collocato nel segno di Cancro. E poichè il cerchio limitatore della luce, e delle tenebre, o vogliam dire del giorno, e della notte, viene espresso da *n m*; chi mai non si avvede, che l' arco diurno K *r*, con tutti i paralleli esistenti nel boreale emisfero, è assai maggiore del notturno I *r*, e dei suoi paralleli corrispondenti; e quindi che dobbiam noi in quella stagione aver lunghi dì, e notti assai brevi, a differenza di coloro, che abitando l' emisfero opposto, debbono averle al contrario per essere l'arco diurno H O assai minore del notturno G O? Chi mai non iscorge, che gli abitatori della Zona fredda boreale *a b* aver debbono un perpetuo giorno, e quei dell'opposta *c d* una perpetua notte, essendo quella tutta al di sopra, e questa al disotto del cerchio terminatore *n m* durante l'intiero giro della Terra intorno al suo asse? Vi è ancora di più; ed è; che la Terra giunta a rivolgere il

Tro-

Tropico al Sole, converrà che faccia, per così dire, un punto di riposo prima di ritornare ad inclinarsi di bel nuovo verso la parte contraria; come avviene a colui, che giunto a un sito qualunque, voglia immediatamente ritornare addietro per la medesima strada. Ciò farà comparire il Sole *stazionario* per lo spazio di qualche giorno, e quindi succederà il *Solstizio di State*. La Terra giunta in C, e propriamente nel segno di Ariete, ai 23 di Settembre, dovrà nuovamente presentare al Sole il suo Equatore come avvenne in A, e quindi produrre l'altra mezza stagione, ovver l'*Autunno*, e l'*Equinozio autunnale*, per le stesse ragioni assegnate di sopra: ed il Sole rapportandosi ad A, sarà veduto nel segno di Libra. Finalmente passata la Terra in D, ossia nel segno di Cancro, ai 21 di Dicembre, il suo Polo australe X s'inclinerà verso il Sole con deviarne il boreale Z, tutto al contrario di ciò, che avvenne in B ai 22 di Giugno: presenterà ella al Sole il Tropico di Capricorno G H, corrispondente all'emisfero australe, e sarà *Inverno* per gli abitatori dell'emisfero boreale; ove il cerchio diurno I r essendo assai minore del notturno K r, avrannosi i giorni di assai corta durata, e le notti lunghissime, a differenza degli abitatori dell'emisfero opposto: la Zona fredda boreale *a b* sarà allora tutta immersa nelle tenebre, e l'australe *c d* illuminata in ogni dove; sicchè avrà quella perpetua notte, e questa un perpetuo dì: il Sole si riferirà a B, e comparirà nel segno di Capricorno; e per la ragione allegata di sopra succederà il *Solstizio di Inverno*. Sicchè dunque a buon conto il moto della Terra intorno alla orbita MNPQ nello spazio di un anno, ci farà comparire, che il Sole si aggiri nell'intervallo stesso, descrivendo la medesima orbita; non altrimenti, che a colui, il quale aggirandosi di notte intorno a una gran piazza, nel cui mezzo fosse collocato un gran fanale, sembrerebbe al certo di vederlo avvanzar mano mano, ed eseguire nel tempo stesso quel giro medesimo, che starebbe egli facendo.

235. Da ciò, che si è detto fin quì, si rileva similmente, che se l'asse della Terra non fosse inclinato al piano della Ecclittica, siccome lo è effettiva-

men-

mente di 66 gradi e mezzo, presenterebbe ella al Sole perpetuamente le medesime parti nell'annuo suo corso; e quindi non vi sarebbe alcuna diversità di stagioni, ma bensì un perpetuo Equinozio.

236. Le osservazioni praticate dai moderni Astronomi, messe a confronto di quelle, che ci han rramandato gli antichi, fan rilevare, che i punti equinoziali, ovvero le Costellazioni di Ariete, e di Libra, ove abbiam veduto riferirsi il Sole in tempo degli Equinozj (234), essendosi rimosse dai punti, ove l'Ecclitrica sega l'Equatore (§. 213), sono avvanzate di un intiero segno, ossia di 30 gradi verso l'Occidente; disortachè siffatti punti sono ora occupati dai segni antecedenti di Pesci, e di Vergine. Questo è ciò, che dicesi *Precessione degli Equinozj*, la quale, messo il moto della Terra, riducesi ad una pura apparenza, procedente da una leggerissima inclinazione, ossia deviamento dal parallelismo, cui l'asse terrestre va soffrendo con somma lentezza. Questo fa sì, che rivolgendosi la Terra nella propria orbita, giugne a presentare di bel nuovo il suo Equatore al Sole prima di terminare *esattamente* l'intiero suo giro; e conseguentemente il luogo apparente del Sole si riferisce non già a quel punto dell'Ecclittica, ove egli si scorgeva nell'Equinozio antecedente, ma bensì ad un altro, che è un poco più indietro del termine dell'apparente sua orbita: dal che ne avvien poi, che quel tal punto di prima, ossia la stella, che l'occupa, comparisce di essere avvanzata per uno spazio corrispondente. Per formarsene una chiara idea vale la pena di rivolger lo sguardo alla Figura 1 della Tav. VIII, ove supponsi la Terra collocata in A nel tempo dell'Equinozio di Primavera, per iscorrer poscia la sua orbita A B C D; e 'l Sole nel centro S. In tal posizione di cose rapporterassi egli, siccome abbiam detto, al punto C, ovvero alla Costellazione di Ariete. Se diamo il caso, che la Terra rivolgendosi da A in B, in C, in D, nell'annuo suo corso, inclini talmente il suo asse, che presenti di bel nuovo al Sole S il suo Equatore prima di giugnere precisamente al punto A, d'onde dipartissi: suppongasi per cagion di esempio, qualor sia giunta al punto 2; è chiaro, che il Sole Tav. VIII. Fig. 1.

rap-

rapportandosi allora al punto ♈, ossia alla Costellazione di Pesci, farà comparire, che la Costellazione di Ariete, a cui egli si riferiva nell' altro Equinozio, sia avvanzata da ♈ a ☉. La qual cosa succedendo di mano in mano in ciascun anno, fa poi sembrare a capo di molti secoli da esservi stata una *precessione*, ossia un avvanzamento nei punti equinoziali. Or la cagion produttrice di un tal fenomeno è certamente l'attrazion del Sole, e della Luna sulla regione dell'Equatore terrestre, la quale dimostreremo esser rilevata sulle rimanenti in forza della rivoluzione della Terra intorno al proprio asse. Questo maggior cumulo di materia dunque nella regione equatoriale fa sì, che la medesima venga attratta con maggiore efficacia dal Sole, e dalla Luna; e quindi che ella giunga di bel nuovo allo stesso Equinozio, oppure allo stesso Tropico, 50 secondi di un grado, ossia 20 minuti, e 17 secondi e $\frac{1}{2}$ di tempo, prima di terminare intieramente il suo corso. Questo è ciò, che dicesi *Anno Tropico*, la cui durata abbiam detto (§. 171) essere di 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti; talchè vien superato di 20 minuti, e 17 secondi e $\frac{1}{2}$ dall' *Anno Sidereo*, ovver da quello, che la Terra impiega per terminare perfettamente l'intiero suo corso, ossia per giugnere di bel nuovo sotto quella Stella, onde dipartissi nel cominciarlo. Ma poichè l'azion della Luna nella produzione di un tal fenomeno è maggiore di quella, che v'impiega il Sole; ed oltreaciò non può esser sempre uniforme, sì per cagione del continuo cangiamento dei suoi Nodi (§. 178), sì ancora per esser varia la sua inclinazione all' Equatore, cosicchè nelle differenti sue rivoluzioni ella si allontana più, o meno dall'Equatore medesimo, ed opera su di esso con minore, o maggior forza; dee necessariamente seguirne non solo una ineguaglianza nella precessione degli Equinozj, ma eziandio una spezie di barcollamento, detto propriamente *Nutazione*, nell'asse terrestre. Da cagioni analoghe a queste, o vogliam dire da un certo cangiamento, cui va soffrendo l'orbita terrestre in virtù dell'attrazion dei Pianeti, dipende altresì la variazione, che si è osservata dagli Astronomi di tutti i tempi, e che tuttavia si osserva, nella obbliquità della

Ec-

Ecclittica, la quale a tenor dei calcoli del Signor de la Lande, vassi scemando a ragione di 33 secondi per secolo. Fassi ella ascendere attualmente a 23 gradi, e circa 28 minuti.

237. Se i Pianeti si riguardassero dal Sole, che è il centro comune dei loro movimenti, vedrebbonsi eglino proceder sempre regolarmente nei loro giri, ossia dall' Occidente all' Oriente, secondo l' ordine dei segni del Zodiaco, Ariete, Toro, ec., o come gli Astronomi dicono, *in consequentia*: ma poichè noi, che li riguardiamo, siam collocati sulla Terra; ed oltreciò siam perennemente trasportati colla Terra medesima intorno al Sole: ne avvien di ragione, che i movimenti dei Pianeti ci compariscano irregolari, disortachè veggonsi eglino or *diretti*, o vogliam dir procedenti secondo l' ordine dei segni; ora *retrogradi*; ovvero contro l'ordine dei segni medesimi; ed ora finalmente *stazionarj*, ossia immobili in certo modo. Per ispiegare siffatti fenomeni nel suo sistema videsi costretto il gran Tolommeo a finger tanti *epicicli*, ossia cerchj *eccentrici*, che i Pianeti dovean descrivere nell' immenso lor corso: nè vi ha chi non vegga, quanto sia insussistente, ed assurda cotal supposizione. Al contrario la loro spiegazione non solamente riesce agevolissima nel sistema Copernicano, ma ne avvalora grandemente la ragionevolezza, e ne conferma la veracità. Suppongasi il Sole collocato in S; D F E esser l' orbe di Venere; G I H quello della Terra; e B K C il Firmamento. Se ci piaccia d' immaginar la Terra situata nel punto A, e 'l Pianeta di Venere in F, seguiranne di ragione, che movendosi egli da F verso D, comparirà *diretto*; poichè lo vedremo avvanzar regolarmente da K verso B secondo l' ordine dei segni. Proseguendo egli poscia il suo cammino da D verso *x*, ci sembrerà per qualche tempo immobile, o vogliam dir *stazionario*; per cagione, che la stessa visuale A B, durante quel tratto di tempo, sarà diretta verso la Terra. Quando egli finalmente continuerà a rivolgersi da *x*, verso E, ciascun si avvede, che rapportandosi il suo moto al Firmamento, sembrerà a noi, che egli arretrandosi di mano in mano, vada scorrendo da B a C contro l'ordine dei segni, e sia conseguentemente

Tav. VI. Fig. 1.

te *retrogrado*, per poi ravvisarsi diretto di bel nuovo nell'avvanzar che farà da E verso F. E se alla supposizione già fatta di esser la Terra nel punto A, aggiungasi quella di andare anche ella scorrendo nel suo orbe G I H, siccome effettivamente addiviene; vi sarà una ragione di più, per cui dovranno accadere i fenomeni divisati; i quali, siccome ognun vede, non sono, che apparenti. Or come mai potrebbero i medesimi succedere, qualora la Terra occupasse il centro del sistema, giusta il pensar di Tolommeo? Essendo i Pianeti nei due punti D, ed E, ove le tangenti A B, A C vengono a contatto coll'annuo lor orbe, diconsi essere nella massima loro *Elongazione*, ossia nella massima distanza dal Sole, la cui misura viene espressa dall'angolo K A C. Ed in fatti progettandosi il Sole S in K nell'ampia volta del Firmamento, è ben manifesto non esservi altri punti nell'orbe D F E, nei quali ritrovandosi il Pianeta, l'angolo di Elongazione venga misurato da archi maggiori di K B, oppur di K C.

238. Colla medesima facilità, e con ugual soddisfazione possono spiegarsi nel sistema Copernicano tutti i rimanenti fenomeni celesti, il cui minuto dettaglio spetta di proposito ai particolari Trattati di Astronomia. Vi sono delle Macchine denominate *Planetarie*, le quali caricate agguisa di Oriuoli, fanno muover la Terra, e i rimanenti Planeti coi loro naturali movimenti, e nei rispettivi tempi indicati di sopra (§. 191), dimodochè ne sieguono evidentemente tutti i fenomeni dichiarati in questo Articolo. Vi si scorgono parimente le fasi lunari, e gli ecclissi; si rileva la durata del giorno, e della notte in qualunque luogo della Terra in qualsivoglia giorno dell'anno, come altresì la declinazione giornaliera del Sole; e finalmente scorgesi quai sono i luoghi della Terra, a cui il Sole è verticale in qualunque dì. Ve ne ha in Napoli quattro eccellenti, una delle quali appartiene alla R. Accademia Militare, un'altra al Cavaliere D. Giovanni Vivenzio, il cui pregevolissimo Gabinetto si va aumentando da giorno in giorno coll'acquisto di macchine della miglior costruzione: le due rimanenti son mie; ed una di esse è destinata princi-

pal-

palmente a dimostrare in grande, e colla maggior precisione possibile i diversi moti della Terra, e tutti i fenomeni, che ne derivano.

239. Sembrerà un paradosso a primo lanzio il dire, che la Terra è più vicina al Sole in tempo di Inverno, che di State: eppure è questo un fatto evidentissimo, dipendente dalla figura ellittica della sua orbita, di cui ragioneremo nella Lezione seguente. Costa dalle osservazioni, su cui non cade verun dubbio, che il diametro apparente del Sole, misurato per via del Micrometro (§. 196), è notabilmente maggiore in tempo di Inverno: indizio certissimo della maggior vicinanza del Pianeta a noi. Ritrovasi la Terra impertanto nel suo *Afelio*, ossia *nella sua massima distanza dal Sole*, nel mese di Giugno, in tempo che si approssima al Solstizio estivo; e nel suo *Perielio*, ovvero *nella sua minima distanza dal Sole*, nel mese di Dicembre, qualor si avvicina al Solstizio d' inverno; e siffatta differenza ascende pressochè alla trentesima parte della distanza totale della Terra dal Sole, ossia a 370 diametri terrestri, equivalenti a più di un milione di leghe. La ragione, per cui abbiam la State in tempo della massima distanza dal Sole si è, che allora i raggi solari cadendo a perpendicolo sulla Terra, sono perciò più concentrati, e 'l calore fassi più attivo, che in tempo di Inverno, allorchè la obbliquità grande dei raggi medesimi fa sì, che ne cada un minor numero si di una data estension di paese, andandosi gli altri a disperdere a maggiori distanze. Si aggiugne a questa un' altra potentissima cagione, qual' è quella della lunga durata dei giorni in tempo di State (§. 234), la quale cagiona, che il Sole abbia tempo di riscaldare notabilmente la Terra, senza che possa quella raffreddarsi nelle corte notti, che sieguono; cosicchè aumentandosi perciò considerabilmente il calore ogni giorno, si accumula fino a un tal grado, che rendesi eccessivo, ed insopportabile, tutt' altrimenti di ciò, che accade l' Inverno, a motivo delle lunghissime notti (§. 234), le quali sono atte a dissipare il calore generato dal Sole nella breve durata dei giorni.

LE-

LEZIONE IV.

Dell' Applicazione delle Forze centrali al moto dei Corpi celesti; e quindi del Flusso, e Riflusso del Mare.

ARTICOLO I.

Delle Teorie delle Forze centrali, rapportate ai Corpi celesti.

240. Abbiam veduto nell' antecedente Lezione, che i corpi, che si rivolgono su linee curve, debbono necessariamente esser tratti a meno da due forze, una delle quali sia capace a farli deviare dalla tangente di quelle (§. 136); e che movendosi un corpo in giro in guisa tale, che tirati dei raggi a un punto qualunque dai varj punti della sua orbita, descriva egli le aje all' intorno di quel punto proporzionali ai tempi, è un segno evidentissimo di esser egli tratto da forze tendenti a quel punto come verso di un centro (§. 144). Ora essendo manifesto in virtù delle più accurate osservazioni praticate dagli Astronomi, che i Pianeti primarj descrivono aje proporzionali ai tempi all' intorno del Sole, non altrimenti che i Pianeti secondarj intorno ai loro primarj; non si avrà veruna difficoltà di affermare, che la forza, onde i Pianeti primarj, deviando dalle tangenti rettilinee, vengono obbligati a muoversi all'intorno del Sole, abbia per centro il Sole medesimo; nella guisa appunto, che la forza dei Pianeti secondarj dee aver per centro i rispettivi loro primarj. E poichè tirandosi dei raggi dai varj punti delle orbite dei Pianeti primarj alla Terra, si trova, che le aje da essi descritte non sono proporzionali ai tempi; necessario è il dire, che il Sole, e non la Terra sia il centro dei loro movimenti; e quindi che il ve-

vero Sistema del Mondo sia in realtà il Sistema Copernicano (§. 148).

241. Stabilita siffatta verità con tutta l'evidenza, è cosa agevolissima il rintracciar la legge, onde opera la indicata forza centrale, quando vogliasi avere in mira la seconda famosa legge di Keplero, che riguarda il rapporto costante tra le orbite dei Pianeti, e il tempo, che essi impiegano per iscorrerle. Scorgendo egli, che quantunque l'orbita di Giove non sia, che cinque volte maggiore di quella della Terra, pure impiega egli dodici volte più di tempo nello scorrerla, si applicò di proposito a rintracciarne la cagione; e dopo moltissimi, e replicati tentativi, gli riuscì finalmente di ritrovare, che *i quadrati dei tempi periodici dei Pianeti sono come i cubi delle loro distanze medie dal Sole*. Così, per modo di esempio, siccome il quadrato del tempo periodico di Giove è 140 volte maggiore del quadrato del tempo periodico della Terra, così il cubo della distanza media di Giove dal Sole è 140 volte maggiore del cubo della distanza media della Terra dal Sole medesimo. La qual cosa non solamente si avverra nei Pianeti primarj, ma benanche nei secondarj, a tenore di ciò, che ad altri Astronomi è riuscito d'investigare. Di fatti paragonando le distanze dei Satelliti di Giove, e di Saturno, colla durata delle loro rivoluzioni intorno ai rispettivi Pianeti, vi si ritroverà evidentemente il medesimo rapporto. Lo scuoprimento adunque della testè dichiarata legge Kepleriana servì a Newton di regola infallibile, e lo condusse quasi per mano a rintracciare, che la forza centrale, onde i Pianeti son ritenuti nelle loro rivoluzioni, e quindi obbligati ad aggirarsi intorno ai loro centri per curvi sentieri, è *nella reciproca ragione dei quadrati delle distanze dai centri medesimi*. Egli è ora dimostrato in Matematica esser tale la legge, che compete alle forze centrali di quei corpi, che rivolgendosi in orbite prossimamente circolari, danno i quadrati dei tempi periodici come i cubi delle loro distanze dal comun centro del loro movimento; siccome d'altra parte dandosi per certo, che i corpi celesti, esempigrazia, descrivano orbite ellittiche, od anche un'altra sezione di cono, ne dee necessariamente

seguire, che la forza centrale, onde sono animati, è nella ragione inversa dei quadrati delle distanze.

242. La sublimità dell'ingegno di Newton squarciandogli arditamente il tenebroso velo della ignoranza, condusselo mercè la scorta dei rammentati lumi a poter rinvenire, che la forza centrale dei Pianeti, di cui si è ragionato fin qui, non differisce punto da quella di Gravità, che abbiam veduto competere a tutti i corpi terrestri (§. 69). Se egli è fuor di contesa, che gli spazj rettilinei, trascorsi dai corpi liberamente cadenti dallo stato di riposo in un dato tempo, sono su 'l cominciar del lor moto proporzionali alle forze, che gli obbligano a discendere; sarà vero altresì, che la forza centripeta della Luna sarà a quella di Gravità nella superficie terrestre, come lo spazio, che la Luna scorrerebbe in un picciolissimo tempo (ove ella abbandonando il naturale suo corso, scendesse in virtù della sua forza centripeta verso il centro terrestre), è allo spazio, che un corpo qualunque trascorrerebbe nel tempo stesso, cadendo da una picciola altezza per forza di sua Gravità verso il centro della Terra. Or l'anzidetto spazio, cui scorre la Luna (uguale, siccome abbiam detto nel §. 140, al seno verso dell'arco, ch' ella descrive in un dato tempo, attesochè quel seno è appunto la misura del deviamento, che ella soffre dalla tangente in vigor della forza centrale), si è rilevato mercè il suo tempo periodico, e la sua distanza dal centro terrestre, a tenor di ciò che si è dimostrato nel §. 142; e trovasi essere a quello di un grave, che discende presso alla Terra, come il quadrato del semidiametro terrestre al quadrato del semidiametro dell' orbita lunare: che val quanto dire, nella reciproca ragione dei quadrati delle distanze. Di fatti i gravi, che fansi liberamente scendere verso il centro terrestre, scorrono 15 piedi nel tempo di un secondo; dovechè la Luna descrive nel tempo stesso un arco della sua orbita, che è circa 33 minuti terzi, il cui seno verso uguale, come si è detto, allo spazio, per cui vien tratta giù dalla forza centripeta della Terra, uguaglia $\frac{1}{4}\frac{1}{0}$ di piede, che in 15 piedi entra 3600 volte. Dunque la Luna viene attratta dalla Terra con un grado di forza, che

è 3600

è 3600 volte minore di quella, onde son tirati i corpi terrestri. Ma la distanza della Luna dal centro terrestre eccede di circa 60 volte quella dei corpi collocati presso alla superficie della Terra; e il qnadrato di 60 è 3600: egli è dunque manifesto, che la forza centripeta, che opera sulla Luna, scema a proporzione, che cresce il quadrato della distanza; ed è tale, che un corpo dotato di quella (accresciuta però successivamente secondo la diminuzione del quadrato delle distanze, a misura che scendendo egli dalla Luna si andasse approssimando alla Terra), descriverebbe in vicinanza della Terra uno spazio di 15 piedi, ed $\frac{1}{12}$ nell'intervallo di un secondo, siccome può ciascun rilevare da se mercè di un calcolo semplicissimo. Ma i corpi terrestri, che liberamente cadono, scorrono anche lo spazio di 15 piedi, ed $\frac{1}{12}$ in tempo di un secondo. Dunque la forza, onde è ritenuta la Luna, siegue la stessa legge di quella della Gravità. La forza similmente, onde il Sole a se trae il Pianeta di Saturno, è 100 volte minore di quella, onde è tratta la Terra, per esser Saturno 10 volte più distante che la Terra dal corpo solare: ed ognun sa, che il quadrato di 10 è 100. Ciocchè si avverrà ugualmente nanche nei Satelliti di Giove, e di Saturno. Ma la forza di Gravità si trova seguire una tal proporzione (§. 77): hanno elleno dunque la medesima indole, nè differiscono punto l'una dall'altra. Dal che rendesi manifesto, che la forza centripeta della Luna, e conseguentemente degli altri Pianeti, nulla differisce dalla forza di Gravità dei corpi terrestri; e che l'immensa massa del Sole spandendo abbondantemente tutto all'intorno fino a distanze incomprensibili la propria attrattiva forza; quasi Sovrano di tutti gli Astri del nostro Sistema efficacemente a se gli trae, e se gli fa rivolgere intorno con perpetui, e regolati giri, non altrimenti, che la Terra, Giove, Saturno, ed Herschel, a se traggono, e fanno ruotare le loro rispettive Lune; essendo da quelle, non meno che il Sole da tutti i Pianeti, per virtù di attrazione tratti ugualmente. Dal che avvien poi, che incontrandosi eglino nei loro giri in varie distanze, ed in diverse direzioni, disturbano vicendevolmente in qualche modo i re-

golari loro movimenti, e cagionano quelle tali *anomalie*, o irregolarità, che dir si vogliano, la cui misura si scorge in virtù del calcolo corrisponder benissimo alle note leggi della Gravità, e dell'Attrazione.

243. Dalle cose fin quì dette può chicchessia manifestamente scorgere, come l'uomo stabilito in una immensa distanza dagli Astri, e costituito dalla Natura a non potersi sollevare un palmo, per così dire, al di sopra della superficie terrestre, può poscia, mercè gli ingegnosi sforzi del suo intelletto, trasportarsi come a volo nei vasti spazj del cielo, per esaminarvi a bell'agio le leggi portentose dei loro moti; e quanto sia deplorabile la ignoranza di coloro, i quali privi di siffatti lumi, riguardano come favole, e come cose affatto insussistenti, tutto ciò, che dagli Astronomi si asserisce relativamente a corpi così lontani da noi. E' agevole il ravvisar d'altronde, quanto sia smisurata l'alterigia dell'uomo, il quale essendo abitator della Terra, che riguardar si può ragionevolmente come un punto matematico nella vastità del Mondo, osa presumere, che il Sole, i rimanenti Pianeti, forse anche essi forniti di abitatori (§. 151), e le innumerabili immense moli delle Stelle fisse (§. 154), abbiansi a rivolgere intorno ad essolui, qual Signore dell'Universo, nel cui centro immagina egli orgogliosamente di tener la sua sede. Che però il saggio Pope ebbe gran ragione di dire, esser l'uomo a un tempo stesso.

E lo scorno, e l'onor della Natura.

244. Uopo è dunque considerare i Pianeti a guisa di tanti corpi projettati, per così dire, dalla mano dell'Onnipotente fin dal tempo della lor creazione; i quali, se avessero dovuto ubbidire soltanto a cotesta forza, sarebbero andati a disperdersi, chi sa con qual successo, nell'immenso spazio dei cieli; siccome da altra parte sarebbero andati a piombare nel lor centro, qualora scevri dall'accennata forza di projezione, avessero dovuto unicamente seguire la legge di Gravità. Per la qual cosa animati eglino di ambedue coteste poderose forze nel tempo stesso, dovettero in vir-

virtù delle esposte leggi, incominciare immediatamente a descrivere una curva intorno al centro del lor movimento: e lo scorgersi di fatti, che tutti i corpi celesti aggiransi su linee curve intorno ai centri dei loro movimenti, è un certissimo indizio, che essi eseguono i loro moti, e mantengonsi equilibrati in quelli per virtù delle addiate forze.

*245. Egli è cosa dimostrata, che se la velocità comunicata al mobile dalla forza di projezione, è nella ragione inversa della radice del raggio, ossia della distanza, in cui quello si rivolge; la curva, che descriverà, sarà certamente un cerchio. Ma siccome giusta la famosa, ed interessante scoperta fatta da Keplero col paragonare tre distanze di Marte dal Sole in più osservazioni, è cosa indubitata, che i Pianeti si rivolgono in orbite ellittiche, in uno dei cui fuochi è il Sole; uopo è affermare, che la velocità primitiva comunicata ai Pianeti nel punto della massima loro distanza dal Sole, ossia dell'*Afelio*, dovè esser minore della accennata di sopra; e che prevalendo in conseguenza la forza di attrazione, dovettero quelli esser tratti di mano in mano a maggior vicinanza del Sole, descrivendo una curva, i cui punti fossero meno lontani dal Sole medesimo di quel che sarebbero stati i punti della circonferenza di un cerchio del medesimo raggio. Supponghiamo dunque, che il Pianeta partitosi dal suo *Afelio* A con una forza di projezione minore di quella, che sarebbe stata necessaria per descrivere un cerchio del raggio A S, qual sarebbe G A H; e tratto quindi successivamente verso il Sole S, fosse giunto al suo *Perielio* B, ossia al luogo del suo massimo avvicinamento al centro del suo moto. Avendo egli nel tratto di un tal cammino dovuto descrivere spazj proporzionali ai tempi, siccome fu per la prima volta scoperto da Keplero, e siccome abbiam già dimostrato (§. 143) dover avvenire in virtù delle forze centrali; ne siegue per necessaria conseguenza, che la sua velocità ha dovuto accrescersi di mano in mano; essendo cosa evidentissima, che il Pianeta ha dovuto impiegare maggior tempo nello scorrere l'arco A E, che l'arco E B, per essere l'aja A S E molto maggiore di E S B: ma questi due archi sono uguali.

Tav. I. Fig. 8.

Dunque ha egli dovuto scorrer su di EB con maggiore velocità. E poichè siffatta velocità si accresce nella ragione inversa della distanza; se supponiamo, che BS sia la quarta parte di AS; essendo la distanza in B, quattro volte minore, che in A; ne siegue, che la velocità del Pianeta in B, sarà quattro volte maggiore di quella, che avea in A. Abbiam di sopra osservato, che la velocità necessaria per far che un mobile descriva un cerchio, è nella ragione inversa della radice del raggio. Or supponendo AS uguale a 4; e BS uguale ad 1; le radici di tali distanze saranno come 2 ad 1. Se dunque la velocità richiesta, affinchè il Pianeta descrivesse un cerchio, essendo in A, era come 1; si richiede, che la medesima sia ora doppia per far che il Pianeta, essendo in B, descriva un cerchio del raggio BS. Ma si è poco fa rilevato, che il Pianeta scendendo da A in B, ha acquistata una velocità quattro volte maggiore. Chiaro dunque si scorge, che essendo egli dotato in B di una quantità di forza doppia di quella, che si richiede per poter descrivere un cerchio del raggio BS, dee necessariamente abbandonare una tal direzione, e quindi montar su verso F, discostandosi dal centro, fino a tanto che diminuita la velocità di mano in mano per cagioni contrarie a quelle, per cui si accrebbe nel discendere dall' altra parte dell' asse AB, va a descrivere salendo la stessa curva, che ha descritta nella discesa; talchè rientrando in quella di bel nuovo, viene conseguentemente a descrivere un'orbita ellittica.

246. Quindi scorgesi ad evidenza, che i Pianeti non sono sempre ugualmente distanti dal Sole in ogni punto della loro rivoluzione; e che fra tutte coteste distanze ve n'è una *media*, qual sarebbe in E, o in F; come altresì, che le velocità, onde essi si muovono, non sono le medesime in ogni parte delle loro orbite, corrispondentemente a ciò, che si è dimostrato nel §. 245.

247. La dichiarata famosa legge di Keplero, riguardante i tempi periodici dei Pianeti, è fecondissima di conseguenze; e tra le altre veramente ammirabili da essa dedotte una si è quella di poter rilevare le distanze, in cui i Pianeti primarj si rivolgono intorno al

So-

Sole, e i secondarj intorno ai primarj, tostochè si sappia il tempo, che essi impiegano nel fare le loro rispettive rivoluzioni. Dicasi per esempio: come il quadrato del tempo periodico della Terra è al quadrato del tempo periodico di qualunque Pianeta, così il cubo della distanza media della Terra è al cubo della distanza media del Pianeta dal Sole istesso. Del resto tutte le teorie delle forze centrali somministrano dei lumi per rintracciare certe verità spettanti ai corpi celesti, la cui cognizione non potrebbe altrimenti giugnere a noi. E a dir vero, uno degli usi eccellenti, ritratti dalle medesime, si è quello di poter manifestamente conoscere le rispettive masse, e densità dei differenti Pianeti. Riduciamo questa dottrina ad un fatto, affin di renderla pienamente intelligibile. Si sa per virtù di osservazioni, che la distanza, in cui la Luna si rivolge intorno alla Terra, è uguale a un di presso a quella, in cui il primo Satellite di Giove si aggira intorno a un tal Pianeta. Abbiamo già dimostrato, che le forze centrali sono come il quadrato delle celerità; che val quanto dire, che se due Pianeti rivolgendosi in orbite uguali, la velocità di uno sia doppia di quella dell'altro, uopo è, che il Sole per ritenere il primo nella sua orbita impieghi quattro volte più di forza di quella, che è necessaria per ritenere il secondo (§. 141). Per la qual cosa essendo noto agli Astronomi, che la velocità, onde il mentovato Satellite descrive la sua orbita intorno a Giove, è sedici volte maggiore di quella, onde la Luna si rivolge intorno alla Terra; rendesi eziandio manifesto, che la forza, onde Giove ritiene il suo Satellite, è 256 volte maggiore di quella, onde la Luna è ritenuta dalla Terra; per essere 256 il quadrato di 16, che esprime la velocità. Or siccome questa forza attrattiva è proporzionale alla quantità della materia (§. 138); da quel che si è detto si deduce, che la massa di Giove è 256 volte maggiore della massa terrestre. Quindi se il volume di Giove superasse 256 volte il volume della Terra, ciò indicherebbe, che la densità di Giove sarebbe uguale a quella della Terra: ma poichè lo supera di 1246 volte, in cui 256 si contiene 4 fiate (lasciando da parte le frazioni); ciò

fa vedere, che ci vuole la quantità di materia contenuta in quattro parti del volume di Giove, per uguagliare quella, che contiensi in una parte sola del volume della Terra; e conseguentemente che la densità della Terra è quattro volte maggiore di quella di Giove.

248. La stessa regola ci dà similmente la densità di Saturno rispettivamente alla Terra; e questo è il metodo, di cui ha fatto uso il Newton: e poichè da siffatti risultati si rileva, che questi tre Pianeti crescono in densità a misura che sono più prossimi al Sole; supponendo, come è verisimile, che la stessa legge abbia luogo negli altri Pianeti, si sono quindi dedotte le rispettive densità di Venere, Marte, e Mercurio, la cui potenza attraente, oppur la massa, che dir si voglia, non si può rilevare nel modo anzidetto, per esser eglino privi di Satelliti.

249. A vista di tanti luminosi argomenti rapportati fin quì relativamente ai moti dei corpi celesti, scorgerassi manifestamente su quali sode fondamenta sia appoggiato il Sistema Copernicano; e quanto sieno frivole, ed insussistenti le obbiezioni, che si sogliono fare contro di esso. Nè sono punto ragionevoli gli argomenti, che si traggono dalle Sacre Scritture, in cui parlasi sovente del nascere, e tramontar del Sole, e dove trovasi registrato parimente, che Giosuè essendo alla testa dell' esercito israelitico contro i Re degli Amorrei all' assedio di Gabaon, ordinò al Sole, che arrestasse il suo corso, ad oggetto di prolungar la battaglia. *Sol*, disse egli, *contra Gabaon ne movearis, & Luna contra vallem Ajalon*. Indi soggiugne: *steteruntque Sol, & Luna, donec ulcisceretur se gens de inimicis suis. Jos. Cap.* X. *vers.* 12. E' possibile però, che non si voglia riflettere, che i sacri autori si sono adattati al linguaggio, che si usa nella società, appoggiato su 'l moto apparente dei corpi celesti! Se gli Astronomi stessi, comechè persuasissimi del moto della Terra, non solo nei loro ragionamenti familiari, ma eziandio nei loro libri, servonsi del comune linguaggio, dicendo, che il Sole nasce, e tramonta; qual meraviglia è poi, che facciano lo stesso i sacri scrittori, il cui scopo era tutto altro che insegnar l'Astro-

nomia? Se Giosuè nella riferita giornata avesse detto: *Fermati, o Terra*, sarebbe stato riputato uno stupido da tutte le sue genti, e forse avrebbe eccitato in esse delle risa; oppure gli sarebbe convenuto di fare una lezione di Astronomia per giustificare la sua proposizione. Cosa, che non solo sarebbe stata fuor di luogo, e fuor di tempo, trattandosi di una battaglia formidabile, ma è anche da riflettersi, che pochissimi, e forse niuno dell'esercito sarebbe stato al caso di comprenderla. Intendasi così di tutte le espressioni simiglianti, che s'incontrano qua e là nelle Sacre Scritture. Oltreachè, quando si volesse stare al senso puramente litterale, non sarebbe difficile il rinvenire nelle sacre carte espressioni tali, che sembrassero autorizzare il movimento della Terra. *Moveatur mare*, dice il Salmista, *& plenitudo ejus, orbis terrarum, & universi, qui habitant in eo*. Ma ognun vede esser tutto altro il senso di questa, e di simiglianti espressioni.

250. Ciò basta per darvi una qualche idea dei fonti, da cui sono derivate parecchie utilissime verità astronomiche, la cui intelligenza contribuisse moltissimo a far acquistare un adeguato conoscimento delle interessantissime leggi dell'Attrazione, le quali per virtù di un esame assai severo, scorgonsi mirabilmente connesse col Sistema generale del Mondo.

ARTICOLO II.

Del Flusso, e Riflusso del Mare.

251. Osservasi nel mare un fenomeno meraviglioso, qual è quello, che le sue acque sollevandosi per ben due volte al di sopra del loro naturale livello, e quindi abbassandosi alternativamente per altrettante fiate nell'intervallo di presso a 24 ore e tre quarti, vanno ad inondar le sue rive, e poi le abbandonano di bel nuovo. Questo è ciò, che dicesi *Marèa*, od anche *Flusso*, e *Riflusso* del mare; denominandosi poscia specialmente *alta Marèa* l'innalzamento delle acque, e *bassa Marèa* la loro depressione. Cotal porrentoso fenomeno ha destata in tutti i tempi la curiosità, e l'at-

attenzione dei filosofi, la maggior parte dei quali si son ritrovati oltremodo imbarazzati nel volerne dare una spiegazione soddisfacente. Non v'ha però alcun fra gli antichi, che ne abbia ragionato con maggior precisione, ed aggiustatezza, quanto Plinio il vecchio, il quale nel secondo libro della sua storia naturale rammentandone distintamente le più minute circostanze, lo fa francamente derivare dalla forza attrattiva del Sole, e della Luna sulle acque marine. Vi sono stati di quelli, che l'hanno attribuito ai fiumi, i quali precipitandosi nel mare, cagionassero l'elevazione delle sue acque: altri hanno immaginato, che procedesse da un assorbimento, e da una espulsione alterna delle acque marine entro a voragini immense, esistenti nel fondo di quelle; e vi ha di coloro, che lo han creduto un effetto di un bollore, originato da fuochi sotterranei. Galilei è stato di oppinione, che fosse cagionato dal moto diurno, ed annuo della Terra (§. 232). Keplero però, che ebbe una idea assai precisa della forza di attrazione, lo spiegò col mezzo di quella, siccome era stato indicato da Plinio: e Newton dopo di aver rintracciate le leggi di siffatta prodigiosa forza, seppe adattarle così bene alla spiegazione delle Marèe, e corroborò la sua teoria con tali dimostrazioni, che può essa giustamente riputarsi tutta sua. Aggiuntesi le specolazioni, e le fatiche di Halley, Bernoulli, Eulero, Maclaurin, e di Alembert, si è renduta la cosa così manifesta, che pare non esser più soggetta a veruna sorta di dubbio.

252. Gli argomenti, e i fatti luminosi, su cui è fondata la testè indicata teoria, sono i seguenti. Osservasi in primo luogo, che le rammentate due Marèe giornaliere (§. 251) non avvengono sempre all'istessa ora, ma ritardano da un giorno all'altro di circa tre quarti di ora (e propriamente di 48' 46''), corrispondentemente al ritardo dell'arrivo della Luna al meridiano. In secondo luogo è cosa osservabile, che il periodo delle Marèe non differisce punto da quello della Luna; giacchè in fine di ogni lunazione, o vogliam dire al termine di ogni rivoluzione sinodica (§. 172), le Marèe veggonsi seguire a un dipresso

alla

alla medesima ora. In terzo luogo egli è cosa costantissima, che le Marèe sono più considerevoli, e più forti in tempo delle sigizie, ossia in tempo della nuova Luna, e della Luna piena, che durante le quadrature (§. 177). Inoltre avviene generalmente, nè si pone affatto in dubbio, che le Marèe, di cui si ragiona, sono assai più sensibili in tempo, che la Luna è *perigèa*, ovvero nella sua massima vicinanza della Terra, chè quando ella è *apogèa*, ossia nella sua massima distanza dalla Terra medesima: e la differenza è così grande, che essendo la Luna perigèa, succedono Marèe tali nelle sue quadrature, che giungono ad uguagliare quelle delle sigizie apogèe. Da un grandissimo numero di osservazioni praticate a Brest viene evidentemente a risultare, che essendo la Luna nella sua media distanza, produce una Marèa di 13 piedi, e 5 pollici; laddove essendo apogèa, non la produce che di 10 piedi, e 10 pollici; siccome la è di 16 piedi essendo perigèa; cosicchè la elevazione delle acque marine varia a norma delle distanze lunari; ed in tempo delle sigizie perigèe sorpassa di più di cinque piedi quella, che suole accadere nelle sigizie apogèe. E siccome la massima distanza della Luna è alla sua distanza minima come 8 a 7, i cui cubi sono come 3 2; così sono eziandio gli effetti della sua forza, ossia le Marèe osservate durante le accennate distanze. E' già dimostrato presso gli Astronomi, che quantunque l'intiera forza attrattiva della Luna sia nella ragione inversa dei quadrati delle distanze (§. 242), nulladimeno però è in quella dei cubi, qualora ella si scompone nella forza orizzontale, ed in quella, che siegue la direzione del raggio terrestre, per aver l'effetto, ch' ella produce sulla gravità delle acque relativamente al centro della Terra.

253. Dall'osservarsi costantemente, che le Marèe sono maggiori in tempo delle sigizie (§. 252), manifestamente si deduce, che ove l'azione lunare trovasi congiunta a quella del Sole, viensi ad aumentare notabilmente il loro effetto: per conseguenza non è da mettersi in dubbio, che il Sole abbia parimente qualche influenza sulla produzione delle Marèe: tanto vieppiù, che costa dalle osservazioni rapportate dal Signor Cas-

Cassini nelle Memorie dell' Accademia delle Scienze di Parigi, che le Marèe del solstizio d'Inverno sono maggiori di quelle del solstizio estivo. Or egli è certo, che la distanza del Sole dalla Terra nel principio di Gennajo, qualora egli è nel suo perigèo, è a quella, in cui egli si ritrova nel principio di Luglio, quando è nell'apogèo, come 9832 a 10168; talmentechè rapportando tra loro i cubi di siffatte distanze, viensi a rilevare, che la forza solare nella produzione del fenomeno in quistione, è maggiore di una decima parte in tempo d' Inverno, che nella State. Ed in vero, anche lasciando da parte fatti così luminosi, è cosa naturalissima il supporre, che il Sole, la cui attrazione sulla Terra, non che su i rimanenti Pianeti, è tanto sensibile, e manifesta, debba esercitarla eziandio sulle acque del mare, quantunque meno efficacemente della Luna, per cagione della sua prodigiosa distanza da quelle. Per verità reca grandissimo piacere lo scorgere, che gli Astronomi a forza di osservare, i varj fenomeni delle Marèe, ed a forza di contemplarli attentamente, sono giunti a rintracciare con evidenza il rapporto scambievole dell' azion del Sole, e di quella della Luna; giacchè nelle sigizie, ove trovansi eglino congiunti, necessaria cosa è, che gli effetti da essi prodotti sieno la somma delle loro azioni; laddove nelle quadrature, allorchè le loro azioni fansi in direzioni differenti, gli effetti medesimi esprimer debbono per necessità la differenza di quelle. Di fatti essendosi rilevato dalle osservazioni riferite da Bernoulli, che le Marèe (suppongasi a S. Maló) delle sigizie sono a quelle delle quadrature, come 50 a 15, ossia come 10 a 3; è manifesto, che a tenor di tali osservazioni le forze impiegate dai due luminari per produrre quelle tali Marèe, sono tra loro come 13 a 7; giacchè la somma di questi due numeri, che è 20, è a 6, che è la loro differenza, come 10 è a 3, ossia come le Marèe osservate. Ma 13 è poco meno che il doppio di 7. Dunque la forza impiegata dalla Luna per produr le Marèe, è poco men che doppia di quella, che s' impiega dal Sole. Nulladimeno però, giusta le osservazioni più esatte, raccolte dal Signor de la Lande, si rileva evidentemente, che l'azion del Sole è a

quel-

quella della Luna, come 1 a 2 $\frac{7}{10}$, ovvero come 1 a 2 $\frac{1}{2}$ a un dipresso.

254. Stabilita evidentemente per via di fatti la vera cagion produttrice del Flusso, e Riflusso del mare; e determinato eziandio il rapporto delle forze, che vi s'impiegano per produrli; egli è tempo ormai di dichiarare il modo, onde essi vengonsi a generare. Or per ben intendere la spiegazione di cotal fenomeno uopo è richiamare alla memoria il principio generale già da noi altrove stabilito; cioè a dire, che la forza di Attrazione è nella ragion reciproca dei quadrati delle distanze. Che però, se la Terra non consistesse, che in una superficie piana, tutti i suoi punti sarebbero ugualmente attratti dalla Luna, e non vi sarebbe alcuna Marèa: ma poichè ella è conformata presso a poco alla guisa di un globo, dee necessariamente seguirne, che essendo la Luna in M, le acque del mare, che circondano un tal globo, saranno maggiormente attratte nel punto B, ch'è più vicino alla Luna, che nei punti F, G, che ne sono più discosti. Per la stessa ragione le acque corrispondenti a cotesti punti F, G, saranno attratte più poderosamente di quelle, che esistono in A, e in C, per esser queste più distanti dalla Luna. Per la qual cosa le acque in B innalzandosi più che in F, e in G; e queste similmente più che in A, e in C; dovranno conformarsi in uno sferoide ellittico, non altrimenti che vedrem succedere alla Terra per virtù della forza centrifuga; e quindi inondare quei luoghi della Terra, che a B son vicini: siccome da altra parte forza è, che si abbassino in A, ed in C, per correre verso FBG, producendo così il *Riflusso*, ovvero la *bassa Marèa*. Tav. VIII. Fig. 3.

255. E poichè a tenor della legge indicata di sopra (§. 241), il centro della Terra E, per esser più vicino alla Luna M di quel che sono le acque collocate in L, uopo è, che soggiacia ad una maggior forza di attrazione, andrassi egli ad accostare maggiormente a quella; e quindi le acque in L essendo meno attratte, resteranno, diciam così, un poco più indietro: onde è, che si conformeranno parimente in questo emisfero inferiore in uno sferoide ellittico, come- Fig. 3.

mechè per cagioni del tutto opposte a quelle, per cui han presa una tal forma nel superiore emisfero ABC. Dal che ne avverrà, che nei luoghi adjacenti a D vi sarà alta Marèa nel punto medesimo, in cui seguirà nei siti adjacenti a B; che val quanto dire, che si avrà l'alta Marèa, sì quando la Luna è su 'l nostro zenit, che quando ella è nel nostro nadir. Ciò, che è seguito in B, ed in D, accaderà dopo lo spazio di circa sei ore nei punti A, e C; che val lo stesso che dire, che qualora la Luna, facendo il suo corso intorno alla Terra, sarà giunta in H, produrrassi l'alta Marèa nei punti A, e C, per le stesse ragioni, per cui si produsse in B, ed in D; nei quali conseguentemente farassi ora la Marèa bassa: e così si ragioni dei rimanenti punti della superficie terrestre; inguisachè ritornata la Luna al punto M nell'intervallo di circa 24 ore, e tre quarti, si troverà di aver cagionato in ciascun lido del Globo due Marèe basse, e due alte, che si son succedute alternativamente dopo lo spazio di circa sei ore. Che però a tenor di tali cose ci sarà permesso d'immaginarci, che il mentovato sferoide acquoso siegua tutt'all'intorno della Terra il corso della Luna, e vada così mano mano inondando quei luoghi, che si trovan vicini alla sua sommità, ossia nella direzione del suo grande asse, lasciando successivamente a secco quegli altri, che trovansi corrispondere al suo picciolo asse, ovvero ai suoi lati.

Tav. VIII. Fig. 2.

Fig. 1. 256. Se essendo la Luna in M, avvien che il Sole si ritrovi in N in congiunzione colla medesima, la sua forza di attrazione unirassi a quella della Luna; e cospirando perfettamente entrambi, produranno un effetto uguale alla somma delle loro forze, e conseguentemente innalzeranno le acque ad una maggiore altezza. Rendesi dunque manifestissima la ragione, onde le Marèe sono più alte, e più rimarchevoli in tempo delle sigizie (§. 252). Ugualmente chiaro rendesi eziandio, che le Marèe esser debbono più basse, e più deboli essendo gli indicati luminari nelle loro quadrature (*Ivi*) conciossiachè l'effetto da essi prodotto uopo è, che uguagli la differenza delle loro forze. Ed in fatti, supponendo la Luna in H, e 'l Sole in P,

ov-

ovvero in O, le direzioni, onde agiranno le loro forze, sono in qualche modo opposte; cosicchè la Luna si sforzerà di trar le acque verso H, e il Sole farà forza d'innalzarle verso P. Dal che dovrà seguirne, che se la sola forza lunare fosse capace d'innalzarle fino all'altezza di sei piedi, e il Sole fino all'altezza di due; l'innalzamento, ossia la Marèa, non sarà che di 4 piedi dalla parte della Luna; uguale all'eccesso, ovvero alla differenza della sua forza, paragonata a quella del Sole. Tav. VIII. Fig. 2.

257. Parecchi son di parere, che le Marèe degli Equinozj sono generalmente le massime fra tutte; ma il signor de la Lande dopo di aver seriamente, e con somma maestria, ed accuratezza esaminato questo punto, crede poter conchiudere, che nè le osservazioni, nè la teoria sono favorevoli a cotale opinione; e che, se talvolta avvengono delle Marèe grandissime durante gli Equinozj, sono elleno del tutto accidentali, ed attribuir si debbono non già all'attrazione degli accennati luminari, ma bensì alla violenza dei venti, da cui se ne sogliono produrre anche in altri tempi dell'anno. E' ben vero però, che nei luoghi collocati al di sotto dell'Equatore, le più alte Marèe seguir debbono in tempo degli Equinozj; non altrimenti che in quelli, che giacciono al di sotto dei Tropici, debbono accadere in tempo del Solstizio corrispondente, per la ragione che essendo allora la Luna, e il Sole nel loro zenit, la sommità dello sferoide acquoso (§. 255) dee rivolgersi a quello; e quindi forza è che inondi massimamente quei tali luoghi sottoposti. Ciocchè per altro viene anche a soffrire delle alterazioni, provvenienti dalle circostanze locali, come si avvertirà in appresso.

258. Affin di penetrare più addentro nella teoria delle Marèe, e per poter acquistare un'adeguata idea della cosa, vuolsi assolutamente notare, che quantunque il tempo delle Marèe sia esattamente *corrispondente* al passaggio della Luna su 'l meridiano (§.252), nulladimeno però *non sogliono esse avvenire nel tempo medesimo*, ma un poco più o meno tardi, a tenor delle circostanze dei luoghi. Nei mari liberi, e vasti, siffatto ritardo è meno considerevole, che nei mari an-

gu-

gusti, ed imbarazzati; e si accresce vie maggiormente nei siti più lontani dalla Zona torrida, i cui limiti, non oltrepassandosi dai due mentovati luminari (§.226), si fa sì, che ivi sieno i centri delle forze attrattive. Per cagion di esempio, nell' Isola di S. Elena, collocata nel mezzo dell' Oceano Atlantico, entro i limiti della Zona torrida, il ritardo delle Marèe, ossia la differenza tra l' ora di queste, e quella del passaggio della Luna al meridiano nel giorno della nuova Luna, è di 2 ore ed $\frac{1}{4}$. Al Capo di Buona Speranza, che è fuori della Zona torrida, è di 2 ore e $\frac{1}{2}$. Su di alcune coste occidentali della Francia, ove il mare è più libero, come sarebbe in quello di Guascogna, di Guienna, di Poitou, ec., è di 3 ore; laddove poi andando più in su, ed inoltrandosi nella Manica, ossia nel Canal d' Inghilterra, si va mano mano accrescendo, inguisachè a S. Malò è di 6 ore; a Barneville di 7; all' Havre de Grace di 9; a Dieppe di 10 ore e $\frac{1}{2}$; a Bologna di Piccardia di 11; a Calais di 11 $\frac{1}{2}$; e finalmente a Dunkerque di 12 ore.

259. Or queste tali circostanze fanno chiaramente conoscere, che il mentovato ritardo dipende da cagioni particolari, e secondarie, le quali vietano, che le acque marine ubbidiscano prontamente alla forza, che le domina. Per esserne convinto appieno val la pena di ricorrere alle dottissime opere di Eulero, Bernoulli, di Alembert, ec., da cui manifestamente apparisce, che il ritardo in quistione procede in gran parte dall' *inerzia* delle acque, ossia da quella natural proprietà, che hanno i fluidi, di non prendere immediatamente quella conformazione, ovvero quel cammino, a cui vengono determinati da forze esteriori; e quindi di continuare a muoversi nella direzione già loro impressa, anche dopo che le dette forze cessano di operare su di essi. Si aggiugne a ciò un certo grado di naturale aderenza, cui hanno tra loro le particelle dell' acqua; il fregamento, cui debbono soffrire durante il lor cammino; e i varj ostacoli dei Continenti, dei Golfi, degli Stretti, ec., che debbon poi superare in quel tal corso. Tutte queste cose unite insieme fanno sì, che quantunque l' alta Marèa debba avvenire in ciascun luogo, qualor la Luna si sforza di sollevar le

acque

acque colla massima efficacia possibile, ossia quando ella è giunta al meridiano di quel tal luogo, nulladimeno non si manifesta, che dopo alcune ore, corrispondentemente al numero, alla qualità, ed alla forza delle accennate cagioni, che tendono ad impedirla. In fatti col dare un' occhiata su di un Globo terrestre si ravvisa di leggieri, che le acque del Mar Pacifico innalzate, e spinte, anzi, diciam così, trasportate dalla Luna dall'Oriente verso l'Occidente, incontrano prima l'ostacolo della Nuova Zelanda, e Nuova Olanda; in seguito quello del Continente dell' Africa; indi passate nell'intervallo frapposto tra l'Africa, e l'America, vengono sforzate ad alterare il lor corso, per essere spinte in su da Mezzogiorno verso Settentrione; ed incontrano mano mano la costa di Spagna, e di Francia, per internarsi in ultimo nello Stretto di Calais. Ciò dee far sì, che il loro moto si andrà successivamente ritardando; e quindi che l'ora dell'alta Marèa seguirà nei mentovati Paesi successivamente più tardi, secondochè si è da noi indicato nel Paragrafo antecedente. Nulladimeno però vi sarà sempre una perfetta corrispondenza tra l'ora di cotali Marèe, e 'l passaggio della Luna al di sopra del meridiano.

260. L'indicato successivo movimento delle acque del mare è così certo, e manifesto, che nei luoghi più angusti si è giunto per via di osservazioni a misurarne il cammino; inguisachè è già noto, per cagion di esempio, che sulle Coste di Francia scorrono esse lo spazio di 20 leghe nell'intervallo di un' ora; che nel tratto dal Mar Rosso, cominciando da Moka fino a Suez, la Marèa richiede, nel giorno della nuova Luna, ben 14 ore per montar su: e siccome siffatto spazio ha la lunghezza di 333 leghe marine (ciascuna di 3 miglia Italiane), ben si vede, ch'ella scorre 24 leghe nello spazio di un'ora.

261. L'argine poderoso, cui presentano alle acque i Continenti, le Isole, i Golfi, gli Stretti, ec., non solamente ritiene, e ritarda il lor corso, come si è detto, ma cagiona altresì l'effetto di farle innalzare da un' altezza considerabile. A S. Malò per esempio, giungono le Marèe ad elevarsi fino all' altezza di 45 piedi, a cagion che le acque dell' Oceano Atlantico

spinte vigorosamente verso la Manica, e non ritrovando quivi un libero passaggio, veggonsi ad accumulare in certo modo; e quindi rimbalzate in parte dalla Costa d'Inghilterra, vengono dirette contro quella di S. Malò; ove arrestate, son costrette ad innalzarsi. Le grandi Marèe di Brest s' innalzano fino a 21 piedi: quelle delle Coste di Olanda a 17 piedi e $\frac{1}{2}$: quelle di Calais a 18 piedi e $\frac{1}{2}$; laddove ne' mari più liberi, ove le acque non si possono accumulare, la loro altezza è di gran lunga minore; dimanierachè non ascende ella al di là di 6 piedi sulla Costa meridionale dell' Africa; nè supera 3 piedi nell' Isola di Madagascar, in quella di S. Elena, nelle Filippine, nelle Molucche, ed in tutte quelle del Mar del Sud, tranne l'Isola di Oteheite, ove giusta le osservazioni di Cook, non monta a più di un sol piede.

262. L' incontro delle Marèe nelle angustie testè mentovate suol cagionare d'ordinario delle grandissime alterazioni, ed irregolarità nel loro movimento; il quale turbato, ed accresciuto viemaggiormente per virtù di banchi di arena, di bassi fondi, od anche di venti impetuosi, rendesi furioso a segno, che producendo opposte poderose correnti, burrasche strepitose, tumultuoso innalzamento di acque, oppur vortici orrendi, non solamente riesce fatale ai miseri naviganti, ma minaccia strage, e rovina alle Coste adjacenti. Tal è appunto il caso del Canale d' Irlanda, cotanto soggetto ai naufragj, per cagion dello scambievole incontro delle Marèe, che vi s' internano dalla parte del Nord, e del Sud nel tempo stesso; e così talvolta accade a un di presso nel Canal d' Inghilterra, ove la Marèa, che scende dall' Oceano Germanico, e fassi strada per un' ampiezza di circa 80 leghe tra la Costa della Scozia, e quella della Norvegia, va ad incontrare, non dirò solo lo Stretto di Calais, non più largo di sette leghe, e perciò incapace di dare un libero passaggio a siffatte acque, ma eziandio la Marèa contraria, che procedendo in su dall' Oceano Atlantico, viene sforzato ad internarsi in opposta direzione nello Stretto divisato. E' pur troppo dolorosa la rimembranza dei luttuosi guasti, e delle orrende sciagure

gure avvenute principalmente nella Olanda in forza di Marèe straordinarie, avvalorate da furiosi venti, e da altre accidentali cagioni. Quella, che accadde nel 1568, fu così impetuosa, e furibonda, ch' essendosi innalzata ad una altezza straordinaria, ricuoprì alcune Isole della Zelanda; sommerse buona parte della Costa di Olanda, ed allagò quasi tutta la Frisia; ingojando 72 villaggi, colla morte di 20 mila persone. Nè furono meno violente, e rovinose quelle, che avvennero quivi nel 1575, 1682, 1717, e 1741. E a chi mai sono ignoti gli orrendi Oragani; che dominar sogliono ogni anno nelle Isole di America; in quelle dell' Oceano Indiano, ed in altri luoghi della Terra; ove l' enorme gagliardia delle onde facendo a gara coll'impeto dei venti, cagiona dei pericolosi naufragi; sterminа boschi, e campagne; abbatte con inudita ferocia e capanne, e saldi edifizj; arrecando dappertutto la desolazione, e la morte?

263. Essendo le acque del mare sforzate ad innalzarsi verso la Luna; e la cima dello sferoide acquoso potendosi riguardare come trasportata dall' Oriente all' Occidente seguendo il corso di quella (§. 255); chiaramente si comprende, che la intiera curvatura delle acque medesime aver dee l' ampiezza di 180 gradi, prendendo il suo principio dai punti A, e C, ossia dall' estremità del picciolo asse A C dell'indicato sferoide A I C; e quindi che non si può sperimentare l' effetto totale di siffatto innalzamento, salvochè nei mari di grandissima estensione, ed in quelli particolarmente, i quali, a pari circostanze, sporgonsi dall' Oriente verso l'Occidente. Per questa ragione la Marèa è poco, o nulla sensibile nei mari piccioli; in quelli, che sono in certo modo separati dall' Oceano, a similglianza del Mar Balrico, e dello Stretto del Sund; e nei mari isolati, qual sarebbe il Mar Caspio, a meno che le acque non vi sieno innalzate da cagioni straniere, e secondarie annoverate già nel §. 262. Il Mar Mediterraneo riguardar si può come mare isolato, per cagione dello Stretto di Gibilterra, la cui lunghezza essendo di circa 30 miglia, e l' ampiezza di sole dieci miglia e $\frac{1}{2}$, fra Tariffa, e 'l Capo di Malabare, debbono, le acque spinte dall' Oceano

Tav. VIII. Fig. 1.

no incontrare una grandissima difficoltà nell' internarvisi, atta a por freno al loro regolar movimento. Quindi è, che parecchi han dubitato, che non vi fossero quivi Marèe, e che il picciolo innalzamento delle acque procedesse unicamente dalla forza dei venti. Egli è però fuor di dubbio, che nel Mediterraneo vi sono delle Marèe regolari, comechè assai leggiere, ed a mala pena discernibili dall'effetto dei venti; non oltrepassando esse in tempo di perfetta calma l' altezza di un piede. Ciò non ostante però, le acque del Mediterraneo spinte entro il Golfo dell' Adriatico, e ritenute dalle Coste di quello, vi producono delle Marèe bastantemente sensibili, cosichè in Venezia giungono di ordinario al di là di due piedi, ed in tempo delle sigizie fino a $3\frac{1}{2}$; siccome nelle grandi burrasche s' innalzano fino a 6. In tutto il tratto del Mediterraneo dominano moltissimo le correnti, di cui ve ne ha due principalissime. La prima è superficiale, e si fa lungo le Coste di Barberia, e di Egitto; si avvanza lungo le rive orientali dell' Adriatico, seguendo quelle di Venezia, della Romagna, ec.; e scorrendo tre, o quattro miglia per giorno, procede quindi verso le Coste del rimanente dell' Italia, lungo quelle della Francia, e della Spagna, fino allo Stretto di Gibilterra. L' altra è sotterranea; essendosi rilevato in forza di esperimenti, che nell'atto stesso, che le acque dell' Oceano s' internano per lo Stretto divisato nel Mar Mediterraneo, le acque di questo per via di una corrente inferiore, opposta alla prima, vanno a scaricarsi nell' Oceano di bel nuovo, siccome si è osservato avvenire nello Stretto del Sund, e nel gran Fiume delle Amazoni, che attraversa l' America Meridionale, ove la Marèa rendesi sensibile fino alla distanza di 200 leghe dalla sua imboccatura. Coteste sono le vie, per cui le acque introdotte nel Mediterraneo, specialmente quando spirano i venti di Ouest, e di Sud-Ouest, fannosi poi strada fuori del medesimo.

264. Dalle cose fin quì esposte a me sembra potersi comprendere in una maniera luminosa l' immediato, e stretto rapporto tra le Marèe, e le for-

ze

ze attrattive della Luna, e del Sole, e quindi l'universale prodigioso dominio di cotesto immenso potere giusta le leggi da noi indicate. Chiunque fosse vago di averne una più ampia, e più ragionata contezza, uopo è, che si faccia a consultare il dottissimo Trattato del Signor de la Lande, annesso al IV Volume della sua *Astronomia*, non che le Opere dei celebri Autori già da noi mentovati (§. 251).

265. Soggiugneremo qui soltanto un'applicazione assai naturale dei princip) dichiarati in questo Articolo, facendoci a riflettere, che se il potere attrattivo del Sole, e della Luna, ha tanta influenza sulle acque del mare, che superando efficacemente, siccome abbiam veduto l'enorme lor peso, genera in esse delle vaste, e poderose correnti, atte ad agitare in mille guise la immensa mole dell' Oceano; quanto maggiore riputar dovrassi la influenza divisata sulla nostra atmosfera, la quale e per cagione della sua maggior vicinanza, e per la sua maggiore mobilità, e per la sua leggerezza di gran lunga superiore a quella dell'acqua, è assai più suscettibile di questa ad essere alterata, e commossa! Che s'egli è così, sarà molto irragionevole la opinione di coloro, i quali in forza di un mal inteso principio, recandosi a scorno di adottare nel nostro secolo un'antica, e come essi dicono, rancida sentenza, prendono a beffe la influenza della Luna su i venti, sulle tempeste, sulle pioggie, e su tutte le meteore in generale, che hanno grandissima dipendenza dallo stato, e dai cangiamenti varj dell'atmosfera. Tenghiamo dunque in bando la chimerica idea degli Astrologi, i quali riguardano l'influsso lunare come una emanazione di una materia, oppur di una virtù, atta ad operare *immediatamente* su 'l nostro corpo, e sull'animo nostro, ma non abbiamo la menoma ripugnanza di tener per fermo, che producendo la Luna dei notabili cangiamenti nella atmosfera mercè la sua forza attrattiva, è capace benanche di influire sulla formazione, o modificazione delle meteore, e di cagionare delle alterazioni nel nostro individuo, su cui ha l'aria un deci-

so, e notabile dominio. Se la ragione ce lo persuade, lo compruovano viemaggiormente le osservazioni, tra le quali meritano in primo luogo di esser consultate quelle del Signor Abate Toaldo, Professore insigne di Astronomia nella Università di Padova.

LE-

LEZIONE V.

Continuazione delle Leggi del Moto.

ARTICOLO I.

Della seconda Legge del Moto; e quindi del Movimento composto uniforme, ossia rettilineo.

266. La seconda Legge del Moto, dipendente dalla inattività della materia, al par della prima, consiste in ciò, che *qualunque movimento, oppur cambiamento di moto, è sempre proporzionale alla forza, che lo produce; e si fa secondo la direzione, in cui opera la forza stessa.* Siffatta Legge rendesi evidentissima, qualor si riflette, che non potendo la materia per ragione della sua Inerzia mettersi da se stessa in moto, quando sia in quiete, nè ridursi allo stato di riposo, quando sia in movimento; come neppure cagionare in quello alcuna sorta di alterazione; dee necessariamente seguirne, che qualunque moto, e qualunque cambiamento del medesimo, che si produce in un corpo, dev'esser cagionato dall'impressione di una forza, il cui effetto uopo è, che sia a quella proporzionale: e siccome la forza, che produce un tal effetto, ossia movimento opera secondo una data direzione; l'effetto quindi prodotto non può non seguire la direzione medesima. Per la qual cosa è chiaro, che ritrovandosi un corpo in moto, e venendo in tale stato percosso da un altro secondo la stessa direzione, in cui egli esegue il suo movimento; dee questo per necessità essere accelerato: siccome d'altra parte verrà a soffrire del ritardo, e talvolta si ridurrà anche alla quiete, qualora la direzione del corpo, che urta, è opposta a quella, in cui il primo corpo si movea. Nel primo caso le forze diconsi *cospiranti*, e nel secondo *opposte*.

267. Può avvenire però, che coteste forze non sieno nè direttamente cospiranti, nè direttamente opposte, dimodochè un corpo movendosi giusta una data direzione, venga urtato da un altro obbliquamente; qual sarebbe, per esempio, la palla A, che nell'atto, che si muove per A B, ricevesse un urto secondo la direzione A C. In tal caso forz'è, che la direzione A B venga alterata: e poichè una tale alterazione, in virtù dell'accennata legge (§. 266), esser dee sempre proporzionale alla cagione, che la produce; ne seguirà, che la palla A sarà deviata dalla direzione A B per una quantità di spazio, proporzionale all'impressione della forza, che opera nella direzione A C. Che però una tal direzione dovrà necessariamente ritrovarsi nel mezzo tra A B, ed A C; e non v'ha cosa più agevole quanto il determinarla. Imperciocchè riguardando la retta A B come la velocità, con cui la palla A moveasi nella direzione A B prima dell'urto; e considerando la retta A C come la velocità originata nella stessa palla dalla forza impressale nella direzione A C (dimanierachè le lunghezze di queste due rette sieno tra se come l'intensità delle anzidette due forze); se si compisca il parallelogrammo A B D C a norma di questi due lati, ch' esprimono la direzione, e 'l rapporto delle due forze; la sua diagonale A D esprimerà la direzione, cui la palla seguirà dopo la percossa. Questo moto per la diagonale, cagionato da due, o più forze, dicesi *Moto composto*, a differenza di quello, che si cagiona da una forza sola, e che perciò si denomina *Moto semplice*.

Tav. I. Fig. 9.

268. Per comprendere più agevolmente una tal verità, dividiamo un pò coll'immaginazione la velocità A B nelle sue parti componenti A E, E F, F B; ripartendo similmente la velocità A C in A I, I K, K C. Se la palla A si fosse mossa con moto semplice, ossia *unicamente* per virtù della forza, che la spigneva per la direzione A B; nel primo momento di tempo si sarebbe ritrovata in E, nel secondo in F, nel terzo in B; nella guisa medesima, che spinta da una semplice forza secondo la direzione A C, nel primo momento sarebbe passata in I, nel secondo in K, nel terzo in C. Ma siccome nel caso nostro la palla A

Tav. I. Fig. 9.

vic-

viene spinta da coteste due forze nel tempo stesso; e non potendo, diciam così, intieramente ubbidire all' una, ed all'altra, ritrovar si dee nel loro mezzo; uopo è, che nel primo momento passi in H, ch'è il punto, in cui le forze A I, A E, ossia E H, I H, vanno a concorrere. Per la stessa ragione passerà ella in G nel secondo momento, e in D nel terzo. Or chi non vede, che tutte queste direzioni A H, H G, G D, compongono la diagonale A D?

269. La miglior maniera però di far concepire la legge, di cui si ragiona, a me sembra esser quella di supporre, che nell'atto, che una mosca, per modo di esempio, cammina d'alto in basso su di un regolo A C con moto uniforme, il regolo stesso venga trasportato orizzontalmente da A in B; e che la mosca impieghi esattamente tanto tempo per passare da A in C, quanto ne impiega il regolo per iscorrere su tutt' i punti esistenti tra A, e B. Or egli è evidente, che se nel primo intervallo di tempo, in cui la mosca ritrovar deesi in I, il regolo venga trasportato in E; la mosca passar dee in H. Nell'intervallo seguente, in cui la mosca è in K, e il regolo si fa passare in F, la mosca si troverà in G. Finalmente essendo il regolo trasportato in B nell'atto stesso che la mosca perviene a C; dovrà questa necessariamente trasferirsi in D. Il qual raziocinio potendosi fare ugualmente per tutti i punti compresi tra A H, H G, e G D: fa chiaramente conoscere la verità della dichiarata proposizione. Tav. I. Fig. 9.

270. Nè questa è cosa, che si rileva dalla semplice teorìa; imperciocchè vien manifestamente confermata col mezzo di esperimenti. Di fatti la supposizione della mosca testè rapportata scorgesi ridotta in pratica mercè della Macchina rappresentata dalla Fig. 10. Il peso A, il cui filo passando sulla carrucola mobile G, è legato coll'altro capo alla cavicchia R; nell'atto, ch'è tirato da N verso M mercè della corda Q, alla cui estremità è attaccata la detta carrucola G, vien conseguentemente tirato in su da P verso N. Per la qual cosa essendo M N parallela ad O P, si vedrà il mobile A percorrere la diagonale P M, come Tav. II. Fig. 10.

me se fosse spinto nel tempo stesso secondo le direzioni PO, e PN.

271. Lo stesso scorgesi avvenire, qualora si fa uso della spezie di Trucco rappresentato dalla Fig. 11. Se la palla A è percossa dal maglietto B secondo la direzione BA, verrà spinta direttamente verso D, nella guisa appunto che urtata dal maglietto C nella direzione CA, prenderà il cammino per AE. Ma se queste due potenze facciansi operare unitamente nel tempo stesso, talchè vadano a percuoter la palla con ugual forza in ambedue le accennate direzioni; il mobile A lungi dall' incamminarsi per AD, ovvero per AE, si vedrà correre per AF, che è la diagonale del parallelogrammo ADGE, i cui lati vengono rappresentati dall'intensità, e dalle direzioni AD, AE, delle due accennate potenze.

Tav. II. Fig. 11.

272. E quando anche non si avessero Macchine per tal uopo, potremmo restar convinti di ciò in virtù di un meccanismo assai triviale. Prendete un nocciolo di ciriegia, che non sia del tutto inaridito; e messolo tra la estremità del dito pollice, e dell'indice, premetelo con qualche forza per ispignerlo fuori. Sapete benissimo cosa ne siegue. Premuto egli da uno delle dita verso di un lato, e dall'altro verso la parte opposta, scapperà per una linea, la quale scostandosi dalle direzioni, a cui le pressioni delle dita separatamente considerate si sforzavano a determinarlo, si ritroverà nel mezzo di ambedue: e siffatta linea sarebbe retta, qualora il nocciolo non fosse sollecitato di continuo a cader giù dalla forza di gravità.

273. Un battello, che tirato ugualmente da due funi verso le opposte rive di un fiume nel tempo stesso, si avvanza a dirittura pel mezzo del fiume medesimo, ci somministra una pruova evidentissima del moto composto, eseguito giusta la dichiarata legge. Lo stesso dir si dee di una nave, la quale facendo *rotta*, supponiamo, dall'Est all'Ouest, nell'atto che la corrente la spigne dal Sud verso il Nord, trovasi trasportata realmente verso il Nord-Ouest per cagion della *deriva*; e propriamente verso di un punto, più o meno distante dall'uno, che dall'altro degl' indicati punti

ti cardinali, a misura che la velocità della nave è maggiore, o minore di quella della corrente, come or ora si farà avvertire. Sicchè la vera *rotta*, che ella descrive, è la diagonale del rettangolo, due dei cui lati vengono rappresentati dalle direzioni, e dalla intensità delle forze anzidette.

274. Comechè siesi avvanzato di sopra, che la diagonale, che il mobile descrive in virtù del moto composto, ritrovar si dee nel mezzo delle direzioni delle due forze, che lo spingono, tuttavolta però ciò non vuolsi intendere a rigore, se non quando le due forze imprimono al mobile uguali velocità: imperciocchè in tal caso la figura, i cui lati esse rappresenteranno, sarà equilatera; e sarà o un quadrato, come ABCD, oppure un rombo, come AGHD; le cui diagonali AC, AH trovansi, come si scorge, nel preciso mezzo dei lati AD, AB; e di AD, AG. Ma se coteste velocità fossero disuguali; allora la figura, che risulterebbe dal riguardarle come due lati di un quadrilatero, sarebbe un quadrilungo, la cui diagonale sarebbe tanto più prossima al lato maggiore, di quanto il medesimo supera il minore. Questa cosa, che manifestamente si scorge con dare una occhiata alla Fig. 9. Tav. I, conferma sempreppiù quel che si è detto di sopra; cioè a dire, che il mobile, la cui direzione viene alterata dall' impressione di un'altra forza, viene a deviare da quella per una quantità di spazio, proporzionale alla forza medesima.

Tav. II. Fig. 12.

Tav. I. Fig. 9.

275. Potrebbesi ciò comprovare col mezzo del Trucco, di cui si è fatto uso nel §. 271. Imperciocchè, siccome abbiamo ivi veduto, che essendo il corpo A percosso ugualmente da due maglietti B, e C, descrive la diagonale AG, la quale trovasi ugualmente distante dalle direzioni AE, AD, delle due divisate potenze; così, qualora la velocità impressagli da B fosse uguale ad AD; e quella di C si uguagliasse soltanto ad AI; la diagonale, cui verrebbe a percorrere, sarebbe AH: la quale ognun vede esser più vicina al lato maggiore AD di questo nuovo parallellogrammo, che al minore AI.

Tav. II. Fig. 11.

276. La diagonale, di cui si ragiona, non solamente rappresenta la direzione, che il mobile seguir dee

mer-

mercè del moto composto, ma esprime eziandio la velocità, che in esso risulta dalla combinazione di quelle, che gli vengono impresse dalle due forze: dimodochè la palla A, spinta verso E, e verso D nel tempo stesso colle velocità A E, ed A D, muovesi poscia con velocità uguale ad A G; e scorre lo spazio A G nell'istesso intervallo di tempo precisamente, che avrebbe impiegato nello scorrere il lato A E, ovvero A D, qualora fosse stata spinta separatamente da una delle due forze accennate. E poichè niuno ignora, che la diagonale di un quadrilatero è sempre minore di due dei suoi lati; ciascun si avvede per conseguenza, che la velocità, che in un mobile risulta nel moto composto, è sempre minore della somma di quelle velocità, che dalle suddette forze separatamente gli si sarebbero impresse.

Tav. II. Fig. 11.

277. Uopo è avvertire però, che siffatto scemamento di velocità non è uguale in tutti i casi, ma è maggiore, o minore, a misura che varia l'angolo formato dalle direzioni delle due potenze, detto perciò *Angolo di direzione*. Conciossiachè egli è cosa indubitata, che la mentovata diagonale varia in lunghezza in proporzione di quello. Ciò però vuolsi intendere in questo modo; cioè a dire, che la diagonale, e conseguentemente la velocità, ch'ella esprime, si fa maggiore a misura che si scema l'angolo di direzione; e così al contrario. Per esserne convinto basterà dare una occhiata alla Fig. 12, da cui manifestamente si rileva, che se l'angolo di direzione, secondo cui il mobile A viene spinto dalle due forze B, D, fosse D A B; la diagonale sarebbe A C; la quale si convertirebbe in A F, che è maggiore di A C, se l'angolo di direzione fosse D A E; nella guisa medesima, ch'ella si allungherebbe anche più, convertendosi in A H, nel caso, che l'angolo di direzione fosse D A G. Se quest'angolo D A G si andasse scemando di mano in mano fino a divenire infinitamente picciolo; i suoi lati A D, A G si andrebbero a combaciare; e quindi la diagonale, che verrebbe a combaciarsi anch'ella coi due lati A D, D H, si renderebbe uguale ai medesimi, ai quali si uguagliano A D, A G. Che però in tal caso venendo le due forze a concorrere insieme nella

Tav. II. Fig. 12.

me-

medesima direzione, la velocità originata nel mobile adeguerebbe esattamente quelle, che gli verrebbero impresse di ambedue le potenze. Dunque la massima celerità, o il massimo effetto, che due potenze insiem combinate produr possono su di un mobile, si ha quando esse sono del tutto cospiranti; cioè a dire, che concorrono ad operar tutte e due nella medesima direzione.

278. Così d'altra parte la Fig. 13 ci fa vedere, che a misura che gli angoli di direzione A B C, A B D, A B E, si vanno aumentando, le rispettive diagonali B F, B G, B H, si tendono più brevi; inguisachè se l'angolo A B E si aprisse di tanto, che le direzioni A B, E B, delle due potenze formassero una sola linea retta; spignendo esse il mobile B in direzioni del tutto opposte nel tempo stesso, resterebbe quello in riposo, se le forze fossero uguali; oppur si moverebbe coll'eccesso soltanto dell'una sopra dell'altra, nel caso di disuguaglianza; talchè la velocità acquistata dal mobile sarebbe uguale alla loro differenza. Dal che ne siegue, che la menoma celerità, ossia il menomo effetto, che due potenze combinate cagionar possono in un mobile, si ha quando esse sono direttamente opposte, ossia che concorrono ad operare in direzioni del tutto contrarie. Tav. II. Fig. 13.

279. Dalle cose fin quì dette si rilevano generalmente due utilissimi metodi pratici per lo scioglimento di alcuni Problemi. Il primo di siffatti metodi consiste nel determinare l'effetto, che due forze combinate debbono produrre su di un mobile, ossia la direzione, e la velocità, con cui esso verrà spinto dopo la percossa, qualora sieno date le loro rispettive velocità, e l'angolo della loro direzione. Date, per esempio, le velocità A B, A C delle due potenze, e il loro angolo di direzione C A B; per determinare la diagonale, che siccome abbiam detto (§. 276), esprimer dee la direzione, e la velocità del moto composto di A, non si ha a far altro, che compiere il parallelogrammo A B D C; il quale si ha facilmente, quando si abbiano due lati A B, A C, e l'angolo C A B tra essi compreso. Imperciocchè la diagonale di esso esprimerà quella, che si richiede. Tav. II. Fig. 14.

280.

280. Il secondo metodo è quello di determinare la direzione, e la velocità impressa da una delle potenze, qualora sia già nota non solamente l'altra, ma eziandio l'effetto prodotto da ambedue su il mobile.

Tav. II. Fig. 14. Suppongasi esser già nota la diagonale A D corsa dal mobile A con moto composto; e si abbia per conosciuta eziandio la direzione, e la velocità B A della potenza B: se dal punto D si tiri D C parallela, ed uguale ad A B, e quindi si uniscano i punti A, e C, B, e D, col mezzo delle rette A C, B D; è manifesto, che la retta A C esprimerà la direzione, e la velocità della potenza richiesta.

281. Stabilite siffatte cose, sarà ben fatto di procedere un poco più oltre, affin di dedurre delle altre nozioni dall'esame di quelle, che si son già rapportate.

ARTICOLO II.

Della Risoluzione del Moto.

Tav. II. Fig. 14. 282. La diagonale A D, che abbiam veduto esser l'effetto delle potenze B, e C, operanti colle velocità, e nelle direzioni A B, ed A C, può riguardarsi ugualmente come prodotta dalle potenze E, F, le quali abbiano percosso il mobile A colle velocità, e nelle direzioni di A E, A F. Potrebbesi dimostrare nella guisa medesima, che la stessa diagonale A D potrebbe appartenere ad altri parallelogrammi, che si potrebbero descrivere nella citata Figura. Da ciò dunque evidentemente si scorge, che un mobile qualunque, a simiglianza del mobile A nel caso proposto, può essere obbligato a scorrere lo stesso sentiere colla medesima velocità, da diverse potenze, le quali abbiano velocità, e direzioni differenti. Nè questo è tutto; imperciocchè rendesi manifesto benanche, che varie paja di forze oprar possono tutt' insieme nel tempo stesso, per obbligare il mobile A a descrivere la diagonale A D. Ed infatti, siccome A D è l'effetto di A B, ed A C; A B potrebbe esser l'effetto di A M, ed A S; e ciascheduna di queste l'effetto di altre. Per la qual cosa potendo il mobile A essere

spinto

spinto per la diagonale A D, o da una semplice forza, che operi su di esso secondo una tal direzione, o per la forza combinata di A B, ed A C, oppur di A E, ed A F: così parimente potendo la percossa nella direzione di B A venir cagionata da una semplice forza B, oppur dalle due A M, ed A S insiem combinate; non si durerà fatica a persuadersi, che ogni semplice movimento riguardar si può francamente, quando l'uopo il richiede, come cagionato da due, o più forze unite insieme. Il considerarlo in tal guisa si denomina comunemente *Risoluzione di moto*. Quanto ciò riesca vantaggioso in Meccanica, ci verrà in acconcio di osservarlo a suo luogo. Ne faremo quì uso fra di tanto per dimostrare il seguente Teorema, che è il fondamento di tutta la Meccanica del signor Varignon, e di cui si è molto servito Borelli nel valutare le forze dei muscoli, siccome legger si può nel suo aureo Trattato su il *Moto degli Animali*.

283. Se un corpo qualunque venga spinto nel tempo stesso da tre forze omogenee, le cui direzioni sieno tutte nel medesimo piano, talchè non ubbidendo egli a veruna di esse, si mantenga in equilibrio; coteste tre forze saranno scambievolmente come i tre lati di un triangolo, i quali sieno paralleli alle anzidette linee di lor direzione. Suppongasi per ciò, che le direzioni delle tre forze B, C, D, da cui viene spinto il corpo A, vengano rappresentate dalle tre rette A B, A C, A D: prolungate le rette B A, C A, verso F, e verso E, si compisca il parallelogrammo A F D E. E' chiaro da ciò, che si è detto antecedentemente (§. 282), che la forza A D è equivalente alle due A E, ed A F, potendosi quella risolvere in queste. Che però sostituendo ad A D le sue equivalenti A E, ed A F; tutte e quattro le forze B, C, F, E, proseguiranno ad essere in equilibrio come prima. Segno è dunque, che A F è uguale alla sua opposta A B, non altrimenti che A E è uguale ad A C. E poichè A E si uguaglia a D F; sostituendo questa a quella, saranno le due forze A F, F D, uguali alle due opposte B, C. Per conseguenza le mentovate tre forze B, C, D, saranno tra se come

Tav. II. Fig. 16.

me le rette AF, DF, AD; le quali ognun vede, che formano un triangolo, i cui lati sono paralleli alle linee di direzione delle forze diverse.

284. E' agevole il dedurre da ciò, che qualunque numero di forze, le quali operando nel medesimo piano contro di un punto, si mantengono in equilibrio, si può ridurre all'azione di tre, od anche di due, tra se uguali, ed opposte. Come in fatti le quattro forze B, C, F, E, della citata Figura, ridur si possono alle tre B, D, C; a cui si ridurrebbero benanche se non meno B, che C, fossero risolute nelle loro equivalenti (§. 282). Inoltre siccome componendo le due forze E, ed F, si riducono alla sola D, così componendo B, e C, ridur si potrebbero ad un' altra eguale, ed opposta a D, cioè a dire ad X. La qual cosa praticar si può ugualmente nel caso, che non tutte le forze esistessero nel medesimo piano, potendosi quelle ridurre benanche ad un piano solo.

Tav. II. Fig. 23.

ARTICOLO III.

Del Moto composto variabile, ossia curvilineo in generale.

285. Tutte le dottrine sin quì rapportate intorno al Moto composto, sono state fondate sulla supposizione del rapporto costante delle forze combinate; cioè a dire su il supposto, che le medesime non cangiassero nè la direzione, nè l'intensità, almeno relativamente l'una all'altra, durante il tempo della loro azione su il mobile. Ciò però non succede in Natura così frequentemente: egli è più comune, ed ordinario il ritrovar delle potenze, i cui rapporti d'intensità, e di direzione, si vanno alterando di mano in mano. In tal caso ognun vede, che quantunque il mobile messo in azione da coteste forze, descriva la diagonale di un picciolissimo parallelogrammo in ciascun tempo infinitamente picciolo, tuttavolta però tutte siffatte diagonali insieme unite vengono a costituire una curva, nella guisa appunto che abbiam detto accadere in virtù delle Forze centrali, e siccome farem ve-

vedere di bel nuovo, qualor passeremo a ragionar su il moto dei projetti. Per rimaner convinto di ciò, basterà istituire gli esperimenti, che quì sieguono.

286. Si lasci liberamente cadere la palla A dall'alto della curvatura scannellata A B. Poichè ella scendendo acquista una velocità da potere scappar fuori nella direzione B 3, che è tangente al punto B della curva suddetta (§. 136); se fosse priva intieramente di gravità, non lascerebbe di scorrere effettivamente la detta linea: ma siccome il suo peso la tira costantemente verso giù nella direzione B 5; qualora questo sforzo di gravità avesse sempre il medesimo rapporto con quello della projezione B 3; cioè a dire, qualora fosse uguale a quello in tempi uguali; la palla A ricevendo due impulsi nel tempo stesso, uno per B 3, e l'altro per B 5, andrebbe a scorrere la diagonale B E, a tenor della legge del Moto composto già dichiarata. Ma poichè l'effetto della gravità si accresce in ogni istante, e quello della projezione rimane lo stesso; ne avverrà, che se nel primo istante la forza di projezione essendo uguale a B 1, e quella di gravità uguale a B F, la palla giugnerà a C; nel secondo istante si troverà in D, e nel terzo in E. Imperciocchè l'acceleramento della gravità, F G, nel secondo istante è maggiore di B F, qual era nel primo; non altrimenti che l'acceleramento G H del terzo istante è maggiore sì di B F, che di F G. Per la qual cosa si vedrà la palla descrivere la curva B C D E, formata dalle diagonali B C, C D, D E, insieme prese; ossia, per parlare con maggior precisione, dalle diagonali infinitamente picciole, che si possono supporre frapposte tra B, e C, tra C, e D, tra D, ed E. Tav. II. Fig. 16.

287. Ecco un altro bellissimo sperimento in compruova di una tal verità. A B è un picciolo carretto, denominato *carretto di Steiz* dal nome del suo inventore. Porta egli nel suo mezzo il bussolino C, con entro una picciola palla di avorio. Questo bussolino è costrutto in modo, che facendo scattare la molla M, che è al di sotto del carro, si fa saltar su la palla di avorio nella direzione verticale C D. Ca- Tav. II. Fig. 17.

ricato che sia l'ordegno annesso alle ruote B; (il quale non consiste in altro, che in un fuso conico, e scannellato, intorno a cui avvolgendo una corda di minugia, tendesi una molla spirale); ed inceppare che sieno le ruote A, B, ec. mercè del conveniente ritegno adattato alla stessa macchinetta, pongasi il carro su di un piano perfettamente levigato, e messo a livello. Se in tale stato di cose si ponga quello in libertà con isbrigare le divisate ruote, incomincierà a correr da se sul piano anzidetto; e qualora sarà nel mezzo del suo cammino, scattando con impeto la molla M, che prima era montata, farà sbalzar la pallina di avorio fuori del bacinetto C; la quale descrivendo nell'aria la curva C *d r i s*, andrà a raggiugnere il carretto in *a b*, e cadrà nel bacinetto C, da cui è stata lanciata. Esaminiam questo fatto, e sarem convinti della teoria, cui vogliam stabilire. Se nell'atto, che la pallina è sbalzata fuori di C, il carretto fosse in quiete, ella monterebbe su verticalmente verso D: ma poichè nel tempo stesso, che è spinta dalla molla verso D, il carretto sta avvanzando da C verso E; un tal moto progressivo si comunica anche alla palla. Che però spinta ella verso CD, e verso CE nel punto medesimo, dovrebbe descrivere la diagonale CF, giusta la legge del Moto composto di sopra dichiarata: ma poichè cominciando ella a scorrere siffatta diagonale, nell'atto, che si trova, per esempio, in *d*, vien tratta giù dal suo peso nella direzione *d e*; passerà ella per virtù di queste due forze (supponendo quella di projezione uguale a *d f*) a descriver la diagonale *d r*. Perseverando ella nel secondo istante a muoversi verso *b* (§. 136); ma l'impulso della gravità tirandola da *r* verso *g*; l'obbligherà a dirigere il suo corso per *r i*; e quindi per la stessa ragione nel terzo istante scorrerà *i s*; talchè tutte coteste direzioni prese insieme costituiranno la curva C *d r i s*, siccome col fatto si è osservato.

288. La ragion poi, per cui la pallina dee ricadere nel bacino, da cui è uscita, si è, che il moto orizzontale del carro essendo uniforme, nè alterandosi nella palla, quantunque si cangi la sua direzione;

si

sì mantiene costante in tutto il tratto di tempo, che la pallina va descrivendo nell'aria la detta curva. D' altra parte abbiamo altrove osservato (§. 276), che un mobile, il quale venga spinto con moto composto per la diagonale di un parallelogrammo, impiega nel descriverla lo stesso spazio di tempo esattamente, che impiegherebbe in iscorrere con moto semplice uno dei lati di quello. Per la qual cosa essendo il moto orizzontale lo stessissimo, sì nel carro, che nella palla; nell' istante, che questa giugnerà in *d* per virtù delle due forze combinate, il bacinetto C si troverà in *m*: la palla passando in *r*, il bacinetto dovrà trovarsi in *n*; quindi in *o*, quando la palla sarà giunta ad *i*; e finalmente in *s*, allorchè la palla vi cadrà al di dentro. Vuolsi quì avvertire però, che il mentovato piano non essendo perfettamente levigato, o non messo bene a livello, il carretto potrebbe accelerare, o ritardare il suo cammino, oppur deviare in qualche modo da quello; e quindi potrebbe mancare l' esperimento, siccome talvolta succede.

289. L' esperimento, di cui si è finora ragionato, fu eseguito in grande dalla famosa Accademia del Cimento. Adattato un piccol pezzo di artiglieria in una posizione esattamente verticale al di sopra di un gran carro, e caricatolo più volte colla medesima quantità di polvere; la palla spinta fuori di quello nell'atto dell'esplosione, ricadde sempre verso la bocca del cannone, qualora il carro faceasi restare in riposo. Attaccati poscia al medesimo carro sei cavalli; e messo fuoco al pezzo di artiglieria, nell'atto che era quello tratto velocemente innanzi; la palla suddetta seguì per aria il moto del carro, descrivendo l'accennata curva; talmentechè dopo di aver quello corso lo spazio di 64 braccia, la palla andò a cadere in distanza di sole 4 braccia dalla bocca del cannone: il qual risultato si ebbe similmente a un di presso coll'aver fatto uso di palle di piombo lanciate per forza di balestre. La differenza di 4 braccia attribuir si dee alla varietà del moto del carro, alla resistenza dell'aria, o ad altre circostanze di tal natura, siccome si è avvertito dianzi (§. 288); giacchè

tutte le dottrine fin quì dichiarate intorno al Moto, suppongono, che i corpi operino liberamente, senza che incontrino giammai la menoma resistenza. Questi fatti aprono la strada alla spiegazione di un gran numero di altri fenomeni, che si possono tutti ridurre allo stesso principio.

ARTICOLO IV.

Della terza Legge del Moto.

290. La terza, ed ultima legge del Moto, che dall' *inerzia* dipende, si è, che *l' azione è sempre uguale, e contraria alla riazione;* che val quanto dire, che qualora un corpo fa uno sforzo su di un altro, affin di rimuoverlo dal suo stato di quiete, oppur di movimento, questo ultimo si sforza ugualmente di resistergli per la parte contraria; dimodochè lo sforzo del primo viene intieramente distrutto dallo sforzo contrario del secondo; e questo non si mette in moto, se non se in virtù dell' eccesso della forza, che rimane al primo corpo, che agisce, dopo di aver superata la resistenza dell' altro. Siccome i giovani principianti sogliono durar fatica a comprender pienamente una tal verità, immaginandosi, che essendo l' azione sempre *uguale*, e *contraria* alla riazione, non dovrebbe seguirne giammai veruno effetto, attesochè le forze uguali, e contrarie distruggonsi a vicenda; m' ingegnerò di porla brevemente in chiaro nel miglior modo possibile.

291. Per far ciò basterà il badar seriamente, che per nome di *azione* non vuolsi intender tutta la forza, che un corpo possiede quando opera, ma bensì quella porzione di forza, che esso impiega per superar la resistenza dell' altro. Questa, e non quella, dicesi uguale alla riazione nella Legge testè mentovata. Un cavallo, per esempio, che avendo 30 gradi di forza, è impegnato a tirare una vettura, che resiste come 20, non impiega tutta

la

la sua forza per superare una tal resistenza; v'impiega bensì l'azione di 20 gradi, che si uguaglia alla resistenza medesima, da cui conseguentemente la detta azione viene affatto distrutta: e se malgrado questa perdita, egli tira la carrozza, ciò siegue in virtù dei 10 gradi di forza, che gli sopravvanzano per arrivare a 30, siccome abbiam supposto. Dal che manifestamente si scorge, che la forza è soltanto proporzionata alla resistenza, ma non uguale a quella, siccome di fatti è l'azione.

292. La Legge, di cui si ragiona, si è rilevata da un infinito numero di osservazioni, e di esperimenti; e si avverra non solamente nelle scambievoli attrazioni dei corpi, ma eziandio negli urti, che gli uni ricevono dagli altri. Per ciò, che riguarda le attrazioni scambievoli, è cosa agevolissima il restar convinto, che l'azione è sempre uguale, e contraria alla riazione. Come in fatti, se tenendo sospesi a due fili un pezzo di Calamita, ed un pezzo di ferro di ugual peso, e a tal distanza l'un dall'altro, che l'attività della Calamita si possa estendere fino a quella; tostochè ambidue si lasceranno in libertà, si accosteranno a vicenda in direzioni contrarie, correndo ciascheduno spazj uguali: la qual cosa indica, che l'azione, ossia la quantità di moto nell'uno è uguale alla riazione, ossia alla quantità di moto nell'altro; essendo le quantità di moto come i prodotti delle loro masse, e velocità (§. 112), che abbiam detto essere uguali. Che se il peso della Calamita fosse a quello del ferro come 3 a 1; in tal caso, affinchè le quantità di moto, ossia l'azione, e riazione, fossero uguali, bisognerebbe, che le loro velocità fossero in ragion reciproca delle loro masse (§. 114); cioè a dire, che la velocità della Calamita, che pesa come 3, fosse come 1; e quella del ferro, che pesa come 1, fosse come 3. Così di fatti addiviene; imperciocchè tenendoli sospesi a fili nel modo anzidetto, qualora saranno lasciati in libertà, si accosteranno a vicenda; ma con legge tale, che se la distanza tra essi compresa sia

di quattro pollici, la Calamita ne trascorrerà uno, e il ferro tre:

293. Per dimostrar poi, che siffatta legge si verifica ugualmente nell' urto dei corpi, uopo è rapportare quì le leggi della Dinamica, le quali per altro dall' uguaglianza, e contrarietà dell'azione, e riazione, immediatamente dipendono.

LEZIONE VI.

Della Dinamica.

294. Quella parte della Fisica, in cui si espongono le dottrine riguardanti la velocità, e 'l moto, che i corpi in generale si comunicano per via della percossa, dicesi *Dinamica*, dal greco vocabolo δυναμις, che significa *potenza*. Quantunque Cartesio fosse stato il primo, che si avvisò di stabilire siffatte leggi, tuttavolta però essendo state le madesime riconosciute erronee, dobbiam esser grati ai celebri Matematici Giovanni Wallis, Cristoforo Wren, e Cristiano Hugenio, per averci somministrate le vere; essendosi dato l'accidente, che i due ultimi le inventassero contemporaneamente, senza comunicarsi l'un l'altro le proprie idee. Or siccome queste leggi riguardano i corpi molli, e gli elastici; e quelle dei primi differiscono in parte da quelle dei secondi; così ragion vuole, che se ne tratti quì separatamente. Cominciaremo dunque dall'esame di quelle, che si rapportano ai corpi molli, ossia a quelli, che agevolmente si comprimono, e si schiacciano in virtù della percossa; e che schiacciati che sieno, non avendo l'efficacia di ritornare allo stato di prima, in se ritengono quella tal compressione; appunto come vediam seguir nella creta, nel sego, nella cera, ed in altri corpi di simigliante natura.

ARTICOLO I.

Delle Leggi generali, che si osservano nell'urto dei Corpi molli.

295. Affin di procedere su di ciò ordinatamente, sarà cosa ben fatta lo stabilire prima di tutto una proposizione generale, da cui possiam trarre poscia dei

lumi per lo stabilimento dei casi particolari. Questa proposizione si è, che *qualora due corpi molli, essendo in moto, vengono ad urtarsi l'un l'altro; se il loro movimento è cospirante, cioè a dir che si fa nella medesima direzione; la somma dei moti, ch'essi aveano prima dell'urto, ripartita in due parti proporzionali alla loro massa, esprimerà il moto rispettivo di ciascun corpo dopo l'urto: laddove il loro movimento essendo opposto, ossia in direzioni contrarie; il detto moto rispettivo dopo l'urto sarà espresso dalla differenza dei suddetti due moti primitivi, ripartita nel modo accennato.*

Tav. III. Fig. 18. 296. Supponghiamo nel primo caso della proposizione, che due corpi molli A, e B, le cui masse sieno come 2 ad 1, movendosi nella medesima direzione AB, l'un con 9, e l'altro con 12 gradi di moto, vadano ad urtarsi scambievolmente. La somma di 9, e 12, che sono le quantità dei loro movimenti prima dell'urto, è 21: la massa di A essendo a quella di B come 2 ad 1, indica, che in A vi sono due parti di materia, ed una in B. Sicchè dunque assegnando ad A due parti di 21, cioè 14, e la parte rimanente a B, cioè 7; rileveremo, che dopo l'urto il corpo A si muoverà con quattordici gradi di moto, e B con sette.

Tav. III. Fig. 18. 297. Che se poi questi due corpi si andassero a percuotere in direzioni contrarie; in tal caso della differenza dei loro moti primitivi, ch'è 3 (differenza tra 9, e 12), assegnandone due parti ad A, ed una a B, come si è praticato di sopra (§. 296); si troverà, che dopo l'urto il corpo A si muoverà con due gradi di moto, e B con uno. Eccone la ragione.

298. Dato che il corpo A inseguisca l'altro B, e nell'urto gli comunichi cinque gradi di moto: il corpo B riagendo da B verso A, comunicherà eziandio al corpo A cinque gradi di moto, per dover essere la riazione uguale, e contraria all'azione. Ma il moto del corpo A è diretto da A verso B: dunque perderà egli cinque gradi di moto; e perciò quel moto, che ha acquistato il corpo B, lo ha perduto il corpo A; e quindi non ostante la percossa, resta in cotesti

corpi

corpi la medesima quantità di movimento. Or essendo eglino molli, cioè a dir che compressi una volta non riacquistano di bel nuovo la loro figura; muoveranno-si unitamente dopo l'urto colla medesima velocità come se formassero un corpo solo. Ma le velocità essendo uguali, le quantità di moto sono come le masse (§. 116). Dunque avendo il corpo A la massa come 2, e B come 1, competeranno ad A due porzioni di cotesto moto totale, ed a B una sola, appunto come si è già stabilita nella riferita proposizione.

299. Siccome movendosi gli accennati due corpi nella medesima direzione, si è veduto, che la somma delle loro quantità di moto dopo l'urto si ripartisce tra essi in proporzione della loro quantità di materia; così nel caso che le loro direzioni sono opposte, si ripartisce la *differenza del loro moto* primitivo nella medesima proporzione. Imperciocchè movendosi A verso B con 9 gradi di moto, e B verso A con 12; ne avverrà, che B dovendo impiegare l'azione di 9 gradi per controbilanciare la riazione di A, dovrà perdere 9 gradi del suo movimento, per essere i moti contrarj, e per conseguenza distruttivi l'un dell'altro: sicchè dopo l'urto non gliene resteranno, che soli tre gradi. Per la ragione stessa il corpo A resterà privo di tutta la quantità di moto, che prima possedeva, dovendola tutta impiegare nel riagire contro B, che lo percuote con 9 gradi di forza. Ma ciò non ostante, questi due corpi muovonsi unitamente nella stessa direzione dopo l'urto. Uopo è dunque affermare, che si muovano col residuo del moto del corpo B; cioè a dire con soli tre gradi di forza, ch'era la differenza dei moti prima della percossa. Ma nell'atto, che si muovono nella medesima direzione, muovonsi eziandio colla stessa velocità. Dunque convien dire, per la ragione esposta di sopra (§. 298), che siffatta differenza siasi ripartita tra loro in proporzione della quantità della materia: ciocchè farà sì, che il corpo A si muoverà con due gradi di moto, e B con uno.

Tav. III. Fig. 12.

300. Da questi fatti chiaramente si scorge, che qualora due corpi vengonsi ad urtare nella medesima direzione, la loro quantità di moto non si accresce, nè

si

si diminuisce, essendo la medesima e prima, e dopo la percossa: laddove per lo contrario urtandosi in direzioni opposte, una buona parte del moto si perde, talchè non rimane, se non se l'eccesso del moto dell'uno al di sopra del moto dell'altro. Per la qual cosa fuor di ragione avvisossi Cartesio serbarsi sempre nell'Universo la medesima quantità di moto, senza che se ne distrugga giammai la menoma parte.

301. Ciò premesso, egli è cosa agevolissima l'acquistare una piena intelligenza dei casi particolari, che occorrer sogliono in proposito di urto scambievole di corpi. Or questi casi ridur si possono ragionevolmente al numero di quattro. Imperciocchè in primo luogo può accadere, che in tempo, che siegue la percossa, uno dei corpi sia in riposo: 2. possono muoversi ambidue secondo la medesima direzione: 3. può darsi, che si muovano entrambi in direzioni opposte, e con uguali quantità di moto: 4. finalmente le direzioni, in cui si muovono, possono essere opposte, come nel caso antecedente, ma le quantità di moto disuguali. Cerchiamo di esaminar partitamente ciascheduno di questi casi: e poichè ciò che s'intende di rintracciare per rapporto ai medesimi (tranne la direzione), consiste nel determinare la comune velocità, che i corpi avranno dopo l'urto; come altresì la quantità di moto, che l'uno comunica all'altro; affin di procedere con quell'ordine, che si conviene, ragioneremo prima della velocità in ciaschedun caso, e poi della quantità di moto in cadauno di essi. Vuolsi premetter soltanto, che l'urto, di cui si ragiona, si suppone esser *diretto*, ossia in direzione perpendicolare al punto del contatto, e che passi pei centri di gravità dei corpi, che si urtano; conciossiachè dell'urto *obbliquo* ne ragioneremo poscia separatamente.

AR-

ARTICOLO II.

Della comune Velocità dei Corpi molli dopo l'urto.

LEGGE DEL CASO I.

302. *Se un corpo in moto va ad urtare un altro, che sia in riposo; seguito l'urto, si muoveranno ambidue nella medesima direzione con una comune velocità: la quale, nel caso che i corpi sieno uguali, sarà la metà di quella, che il corpo in moto avea prima dell'urto; laddove essendo i corpi disuguali, sarà tanto minore di quella, che il corpo in moto avea prima di percuotere, di quanto la somma di tali corpi eccede la massa del corpo, ch'era in moto innanzi l'urto.*

303. Per la qual cosa il corpo A di due libbre di peso, andando con 12 gradi di velocità a percuotere il corpo B anche di due libbre, che stia in riposo; si muoveranno ambidue nella medesima direzione BC, e colla medesima velocità dopo l'urto: e questa comune velocità sarà in ciascheduno di essi uguale a 6, ch'è la metà di 12, cioè a dire della primitiva del corpo A, ch'era in moto innanzi la percossa. Tav. III. Fig. 19.

304. Che la direzione, e la velocità debbano esser le medesime dopo l'urto, è una conseguenza della prima legge del Moto (§. 134), e di ciò che si è detto nel §. 298. Che la comune velocità debba esser 6, si deduce dalla proposizione generale (§. 295). Imperciocchè dovendosi la somma delle quantità di moto esistenti prima dell'urto, ripartire dopo di quello in proporzione delle quantità di materia in A, e B; essendo i detti corpi uguali, la mentovata quantità di moto si ripartirà metà nell'uno, e metà nell'altro. Ma poichè la quantità di moto in un corpo abbiam veduto (§. 112) essere il prodotto della propria massa moltiplicata per la sua velocità, se il momento di A si è ridotto alla metà dopo l'urto, bisogna dire, che anche la sua celerità sia scemata della metà: sicchè se ptima dell'urto ella era di 12 gradi, dopo di Fig. 19.

quel-

quello si è ridotta a 6. Ma la velocità di B è la stessa di quella di A: dunque è cosa indubitata, che la velocità comune è di sei gradi in ciascheduno.

Tav. III. Fig. 19. 305. Ma se A in vece di essere uguale a B, che è di due libbre, fosse maggiore, o minore, (supponghiam di quattro libbre); allora la comune velocità dopo l'urto sarebbe di 8 gradi. Imperciocchè la somma di A, e di B, sarebbe 6 libbre; ed 8, ch'è la velocità comune dopo l'urto, è di un terzo minore di 12, ch'è la velocità di A innanzi l'urto, appunto come 6, ch'è la somma delle masse, eccede di un terzo 4, ch'è la massa di A (§. 302).

LEGGE DEL CASO II.

306. *Qualora due corpi, essendo entrambi in moto nella stessa direzione, vanno ad urtarsi; seguito l'urto, continueranno ambidue a muoversi nella direzione medesima, e con una comune velocità, come nel caso precedente.*

307. Per ritrovare in questo caso la comune velocità dopo l'urto, sì quando i corpi sono uguali, che disuguali, non si ha a far altro, che dividere la somma dei loro moti primitivi per la somma delle loro masse; poichè il quoziente esprimerà la loro velocità comune. Per la qual cosa il corpo A di 6 libbre andando con 12 gradi di moto ad urtare il corpo B (supponiamo di ugual massa), che si muova nella stessa direzione BC con 6 gradi di moto; la velocità comune dopo la percossa sarà di un grado e mezzo; per esser questo il quoziente di 18 (somma dei moti 12, e 6) diviso per 12 (somma delle masse 6, e 6). Di fatti movendosi A, e B unitamente dopo l'urto colla medesima velocità, riguardar si possono come se fossero un corpo solo: e poichè la velocità di un corpo rilevasi, come abbiamo altrove insegnato (§.117), col dividerne la quantità di moto per la massa; chiaro si scorge, che dividendo per la massa comune, ossia per la somma di A, e B, la loro quantità di moto, che abbiam detto (§. 300) esser la medesima, sì prima, che dopo dell'urto; il quoziente dovrà esprimere la comune velocità.

Tav. III. Fig. 19.

LEG-

LEGGE DEL III, e IV CASO.

308. *Se due corpi, che si urtano in direzione contraria, hanno uguali quantità di moto, le perderanno intieramente, e resteranno in riposo dopo l'urto. Se poi le quantità di moto sono disuguali, si moveranno ambidue dopo l'urto con una comune velocità, e nella direzione di quel corpo, la cui quantità di moto era maggiore.*

309. Che ciò seguir debba così, è agevolissimo il provarlo. Movendosi i corpi per contrarie direzioni, debbono muoversi dopo l'urto colla differenza de' moti ch'essi aveano prima della percossa, giusta la Proposizione generale (§.295): ma supponendosi, che A, Tav.III. e B si vadano ad incontrare con uguali quantità di Fig. 20. moto, cotesta differenza non esiste: è chiaro dunque, che resteranno essi in riposo dopo l'urto. Nel caso poi, che la quantità di moto di A, e B sieno disuguali; allora tutta la loro quantità di moto dopo l'urto riducendosi alla differenza de' moti, ch'essi aveano prima dell'urto, è manifesto, che dovranno eglino muoversi unitamente secondo la direzione di quel corpo, che la possiede. Sicchè per ritrovare in tal caso la comune velocità, non si ha a far altro, se non se dividere l'accennata differenza, ch'è la somma de' moti dopo l'urto, per la massa comune, ossia per la somma delle masse di A, e B; poichè il quoziente vi darà la velocità, che si cerca. Quindi il corpo A del peso di 4 libbre andando con 20 gradi di moto ad urtare il corpo B del peso di due libbre, che con 8 gradi di moto va anch'esso ad urtare il corpo A in direzione contraria; ne avverrà, che seguito l'urto, si muoveranno ambidue nella direzione di A (la cui quantità di moto era maggiore) con dodici gradi di moto soltanto, ch'è la differenza tra 20, ed 8, e la comune velocità dopo l'urto sarà di 2 gradi, ch'è il quoziente, che nasce dividendo la detta differenza 12 per 6, ch'è la somma di 4, e 2 libbre.

310. Tutte le rapportate verità si dimostrano ad evidenza per via di esperimenti, i quali si eseguono col mezzo di palle di creta molle sospese a fili, talchè

si

si possano liberamente muovere. Allora sciegliendole di quella grandezza, che la diversità de' casi richiede; e dando loro la necessaria quantità di moto, che a siffatti casi corrisponde, col farle cadere da differenti altezze, siccome si scorge dall' anessa Figura; gli effetti, e le velocità, che ne risultano, autenticano, per così dire, manifestamente le verità sin quì proposte. Vuolsi badare soltanto, che attesa la resistenza dell' aria, di cui non si può tenere alcun conto nella teorìa, ma che realmente diminuisce la velocità; come altresì a motivo di non esser le palle di creta *perfettamente* molli; il risultato degli anzidetti esperimenti non è che *prossimamente* d' accordo colle leggi riferite.

Tav. III. Fig. 21.

ARTICOLO III.

Della Quantità di moto, che i Corpi molli si comunicano nell' urto.

311. La comune velocità de' corpi dopo la percossa rilevata mercè delle regole finora proposte, ci somministra un modo agevolissimo per poter determinare la quantità di moto, che uno de' corpi comunica all' altro in occorrenza di urto. Affine di non dipartirci dall' ordine seguito nel rintracciare le velocità, incomincieremo dal primo caso già proposto di sopra.

LEGGE DEL CASO I.

312. *Se un corpo in moto va ad urtare un altro, che sia in riposo; la massa di quest' ultimo moltiplicata per la comune velocità dopo l' urto, darà nel prodotto la quantità di moto comunicatagli dal primo.*

313. Per la qual cosa essendo nel caso del §. 303 il corpo B del peso di due libbre in riposo; e la velocità comune dopo l' urto essendosi rilevato esser di sei gradi; la quantità di moto comunicatagli da A, sarà di 12 gradi, ch' è il prodotto di 6 moltiplicato per 2. Del che eccone la ragione. Poichè il corpo B era in quiete prima dell' urto, è cosa evidente, che la quantità di moto, che possiede, gli è stata tutta partecipata dal corpo A. Dunque moltipli-

Tav. III. Fig. 19.

plicando la massa di B per la comune velocità, il prodotto non può esprimere, se non se la quantità di moto comunicatagli da A.

314. Riducendosi alla memoria ciò, che si è stabilito nella proposizione generale; cioè a dire, che il moto partecipato da un corpo ad un altro per via dell'urto, si ripartisce in quelli in proporzione della loro massa; non si durerà fatica a persuadersi, 1. che qualora il corpo, che urta, è maggiore di quello, ch'è in riposo, gli partecipa meno della metà del suo moto: 2. che gliene comunica la metà, qualora sono ambidue uguali: e finalmente, che gliene comunica più della metà, quando il corpo in quiete è maggiore. Che se poi la proporzione del corpo in riposo fosse infinitamente grande per rapporto all'altro, che l'urta, siccome accaderebbe, quando il primo fosse del tutto immobile; in tal caso il corpo, che lo percuote, gli comunicherebbe tutto il suo moto, e quindi si porrebbe in riposo. Imperciocchè essendo la massa del primo infinita rispetto a quella del secondo; infinita dev'esser benanche la quantità di moto, che a quello si comunica, dovendosi la medesima ripartire siccome abbiam detto, in proporzione delle masse. Ma coresta quantità di moto nel corpo, che urta, è finita. Dunque non si può rendere infinita, comunicata che sia al corpo in riposo, se non se col restarne del tutto privo il corpo, ch'era in moto; giacchè il nulla ha una infinita proporzione con qualunque quantità finita.

LEGGE DEL CASO II.

315. *Urtandosi due corpi i quali moveansi entrambi nella medesima direzione; se la massa del corpo, che precede, si moltiplichi per la comune velocità dopo l'urto, e da tal prodotto si sottragga il moto, ch'egli avea prima dell'urto; il residuo esprimerà il moto comunicatogli dall'altro.*

316. Per la qual cosa nel caso del §. 307, essendo la massa del corpo B, che precede, del peso di sei libbre; e la comune velocità dopo l'urto essendo di un grado e mezzo; il prodotto di questi due numeri Tav. II. Fig. 29.

sa-

sarà 9. E poichè da 9 sottraendo 6, ch'è il moto di B prima dell'urto, si ha 3 per residuo; ci si rende manifesto, che il moto comunicatogli da A, è di soli tre gradi. Ecco il perchè. Il prodotto, che nasce dalla moltiplicazione della massa del corpo B per la comune velocità, esprime tutta la quantità di moto ch'egli possiede dopo la percossa. Se dunque da siffatta quantità si tolga quella, ch'egli avea prima dell'urto, il residuo dovrà necessariamente esprimere il moto acquistato dopo di quello.

LEGGE DEL CASO III.

317. *Se due corpi vansi ad urtare scambievolmente in direzioni contrarie con uguali quantità di moto; il movimento, che si comunicano a vicenda, uguaglia quello, che ciascuno di essi avea prima dell'urto.*

318. Questo caso non ha bisogno di spiegazione. Imperciocchè cotesti due corpi restando in riposo dopo la percossa (§. 308), indicano, che le quantità di moto comunicatesi a vicenda sono uguali tra loro, e sono la somma de' moti, che ciascheduno possedea prima dell'urto; altrimenti non avrebbero eglino potuto distruggersi intieramente.

LEGGE DEL CASO IV.

319. *Qualora movendosi due corpi in direzioni contrarie, vansi ad urtare scambievolmente con quantità di moto disuguali; se la massa del corpo, il cui moto è minore prima dell'urto, si moltiplichi per la comune velocità dopo la percossa; e poi si aggiunga al prodotto il moto, ch'egli avea prima dell'urto; la somma esprimerà la quantità di moto comunicatagli dall'altro.*

Tav. III. fig. 20. 320. Per la qual cosa nel caso del §. 309 essendo la massa del corpo B (il cui moto è minore) del peso di due libbre, e la comune velocità dopo l'urto essendo di due gradi; il prodotto di questi due numeri sarà 4. E poichè 4 aggiunto ad 8, ch'è il moto posseduto da B prima dell'urto, la somma è 12; si vien chiaramente a rilevare che il moto comunica-

to a B da A nell'atto della percossa è di dodici gradi. Per poter comprendere la ragione di una tal verità, uopo è ricordarsi, che il corpo B, seguìto che sia l'urto, cambia la sua primiera direzione, e si muove in quella di A (§. 309). Or questo non può accadere, senza che il corpo A comunichi a B una tale quantità di moto, che non solamente pareggi gli 8 gradi del moto primitivo di quello, affin di potergli distruggere, per essere in direzione contraria, ma sia sufficiente nel tempo stesso a spignere col suo residuo il medesimo corpo B nella nuova direzione. Sicchè il moto comunicato da A a B in tal caso, dovrà essere uguale al moto distrutto in B, ed a quello, con cui B si muove dopo l'urto nella direzione di A. Il moto distrutto in B è uguale a quello, ch'egli possedeva prima dell'urto; e il moto, con cui lo stesso B si muove dopo la percossa, si rileva con moltiplicare la sua massa per la comune velocità (§. 112). Dunque la somma di un tal moto, e del moto primitivo di B, esprimerà tutta la quantità di moto, che gli è stata comunicata.

321. Or porta quì il pregio di badare, che tutte le Leggi finora esposte relativamente all'urto dei corpi molli, si possono applicare ugualmente ai corpi duri, o vogliam dire a quelli, che non si possono schiacciare in verun modo, e che qualora la percossa fosse molto poderosa, si sfrantumano in pezzi, piuttosto che comprimersi Un esempio di tal genere ci vien somministrato dal cristallo, dal vetro, e da altri corpi simiglianti; quantunque sembri, che non vi sieno corpi in Natura, i quali dir si possano perfettamente duri, siccome si è già detto dei molli (§ 310).

ARTICOLO IV.

Dell'Urto dei Corpi elastici.

322. Niuno ignora, che per *corpi elastici* si vuol intender quelli, la cui massa, quantunque venga a cadere, e si schiacci per via dell'urto, tuttavolta però risalta fuori immediatamente, e si restituisce di bel nuovo nel suo stato primiero. Facciasi cader dall'alto

una palla d'avorio, oppur di acciajo temperato, su di un piano di marmo, od anche di acciajo, ben levigato, e fermo, unto leggermente di olio. Tostochè la palla ne sarà stata rimbalzata, troverassi su 'l piano una impressione di alcune linee in diametro, che darà chiaro argomento di essersi la palla schiacciata nell'atto della percossa, non potendo altrimenti la sfera toccare il piano, che in un punto solo. Non si richiede molta riflessione per comprendere, che un tal risalto, o restituzione nello stato primiero, che dir si voglia, si fa in direzione contraria a quella, secondo cui si è fatta la compressione; e che la forza, onde le parti compresse risaltan fuori nella situazione di prima, deve esser necessariamente uguale alla forza, che cagiona la compressione; poichè altrimenti non potrebbero quelle ritornare esattamente nella situazione, in cui erano prima dell'urto. Per la qual cosa nell'urto dei corpi elastici succede un doppio sviluppo di forza; cioè a dire, uno nell'atto della compressione, ed un altro uguale, e contrario, nell'atto del risalto. Dal che si deduce ad evidenza, che in caso di percossa di corpi elastici, quello, che comunica il moto, se ne priva di una quantità doppia di quella, che perderebbe, se ambidue fossero molli; poichè col risalto ne comunica una quantità uguale a quella, che ha comunicato nell'atto della compressione. Per la ragione medesima il corpo, a cui il detto moto si comunica, ne riceve una quantità doppia di quella, che riceverebbe, se ambidue fossero molli. Che però le leggi, che la Natura osserva nell'urto dei corpi elastici, quantunque sieno nel fondo le medesime, che abbiam osservate nell'urto dei corpi molli, pure veggonsi differire da quelle per cagion della parte, che vi prende l'elasticità. Per determinare adunque le quantità di moto possedute dai corpi elastici dopo l'urto, sì quando si muovono nella stessa direzione, che in parti contrarie, convien prima riguardare cotesti corpi come se fossero molli, e ritrovare le dette quantità di moto mercè delle Regole proposte: indi la quantità di moto comunicata dal corpo, che dà l'urto sottratta dal moto, ch'egli ha dopo l'urto; il residuo esprimerà il moto, che gli rimane poscia che l'urto

è se-

è seguito, considerandolo come corpo elastico; siccome aggiunta alla quantità di moto spettante al corpo urtato come molle, si avrà nella somma il moto dell' altro corpo dopo la percossa, riguardato similmente come fornito di elasticità. Imperciocchè in tal maniera si fa sì, che il corpo, che comunica il moto, ne resti privo di una quantità doppia di quella, che perderebbe nel caso che fosse molle; e l'altro, che lo riceve, ne acquisti il doppio di quello, che acquisterebbe nel medesimo caso; corrispondentemente a ciò, che si è di sopra osservato. Applicheremo questa verità ai seguenti casi particolari.

LEGGE DEL CASO I.

323. *Qualora un corpo elastico, ch'è in moto, va ad urtare un altro in riposo, di egual grandezza; il primo comunica al secondo tutto il suo moto, e si pone in quiete.*

324. Di fatti, se il corpo B, ch'è in quiete, ed A, che lo percuote, fossero corpi molli; A comunicherebbe a B la metà del suo moto, per essere uguali in grandezza (§. 314). Ma essendo ambidue corpi elastici, uopo è sottrarne una ugual quantità da A, ed aggiugnerla a B (§. 322). Dunque A resterà senza moto, e B si muoverà con tutto il moto posseduto da A prima dell'urto. Questa tale privazion di moto nella palla, che urta, non si vede succeder talvolta facendone la pruova sul ravoliere di un Bigliardo. Ciò però non distrugge la verità quì stabilita; imperciocchè quel piccolo residuo di moto non ha nulla che fare col moto diretto della palla, che si distrugge intieramente, ma è provveniente da un certo moto di rotazione intorno al proprio asse, che suolsi imprimere alla palla nell'istante, che si percuote. Tav. III. Fig. 19.

325. Se in vece di esservi una palla in riposo, ve ne fossero molte contigue l'una all'altra, e la prima di queste fosse percossa dalla palla A; resterebbero elleno tutte in riposo al par di A, all'infuori dell'ultima, che staccandosi dalle altre, si muoverebbe coll'intiera velocità di A, siccome si è detto. La ragione è troppo manifesta; conciossiachè, se invece Tav. III. Fig. 21.

della serie di palle B, C, D, E, vi fosse la sola B in riposo, questa andrebbe avanti colla velocità di A, che si porrebbe in quiete: ma poichè a B siegue C; quest'ultima riceve tutto il moto di B, la quale dee perciò mettersi anch'essa in riposo. Per la ragione stessa C comunica il suo moto a D, e questa ad E; la quale non avendo avanti a se un'altra palla, a cui comunicar possa il suo movimento, forza è, che si stacchi da D, e quindi proceda verso F con tutta la velocità comunicatale da A col mezzo delle intermedie B, C, D.

326. Potrebbe darsi benanche il caso, che vi fossero due palle, che urtano, invece di una. Allora resterebbero tutte in riposo dopo l'urto, eccetto le due ultime, che si moverebbero unitamente coll'intiero moto delle due prime. Imperciocchè in tal caso le due palle in moto A, e B, movendosi colla medesima velocità, non danno alcuno impulso l'una all'altra. Sicchè B andando ad urtare C colla sua quantità di moto, farà sì, che questa rimanga in riposo colle altre contigue, e che si stacchi la sola palla F, per procedere verso *f* coll'intiera velocità di B, come nel caso precedente (§. 325). Ma B resterà anch'ella in riposo dopo l'urto: dunque nell'istante medesimo verrà percossa da A, la quale per la ragione stessa si porrà in quiete, e farà staccare la palla E, per procedere verso *f* coll'intera sua quantità di moto, che le avrà comunicato. In somma, quanto sarà il numero delle palle, che urtano da una parte, altrettanto sarà quello delle palle, che si porranno in moto dall'altra parte; imperciocchè si ripete tante volte il caso del §. 325, per quanto è il numero delle palle, che cagionano la percossa.

Tav. III. Fig. 22.

327. Se il corpo in quiete fosse minore di quello ch'è in moto; quest'ultimo non si porrebbe in riposo dopo l'urto, ma proseguirebbe a muoversi unitamente coll'altro con una minore quantità di movimento. Imperciocchè essendo B in riposo, minore di A, questo nell'urtarlo gli dovrebbe comunicare meno della metà del suo movimento, qualora fossero corpi molli (§. 314): ma essendo elastici, uopo è, che gliene comunichi altrettanto di più. Per la qual cosa il moto,

di

di cui A si priva, essendo minore di due metà, gliene rimane sempre qualche poco, onde proseguire a muoversi dopo la percossa. Sarà poi agevolissimo il determinare un tal residuo mercè delle Regole proposte, quando sia nota la proporzione delle masse di A, e di B.

328. L'effetto sarebbe diverso, se B, ch'è in quiete fosse maggiore di A. Imperciocchè B allora si muoverebbe nella direzione di A; ma quest' ultimo lungi dall' arrestare il suo movimento, o pur dal procedere innanzi con B, verrebbe rimbalzaro all' indietro in direzione contraria. La ragione si è, ch'essendo B maggiore di A, convien che questo comunichi a quello una quantità di moto maggiore della sua metà (riguardandoli come corpi molli (§. 314): indi dovendosene roglier da A altrettanto di più, a motivo della loro elasticità, si scorge ad evidenza, che non solamente dovrà egli comunicare a B tutto il suo moto, ma rimarrà dopo in uno stato negativo, talchè in virtù della ripercossa di A verrà rimbalzato indietro con una quantità di moto uguale al mentovato difetto; e B procederà innanzi, non solamente con tutto il moto comunicatogli da A, ma eziandio con un *di più*, che si uguaglia al difetto medesimo.

329. Diciamolo altrimenti, per render la ragione di cotesto *di più* maggiormente intelligibile. Nell' atto che A del peso di una libbra urta B di due libbre con 12 gradi di moto; avendo B due parti di materia, ed A una; questo comunicherà a quello due terzi del suo movimento (§. 298); cioè a dire 8 gradi, nell' istante della compressione. Le parti di B compresse in virtù di due terzi del moto di A, rimbalzeranno fuora di bel nuovo con altrettanta forza (§. 322): ma A avendo comunicato 8 gradi del suo moto nella compressione, non ne ha di residuo che 4; sicchè non può comunicare, se non se questi a B nell' atto del rimbalzo. Cosa ne seguirà da ciò? Ne seguirà, ch'essendo l' azione uguale alla riazione; ed A urtando B con soli 4 gradi di moto, con altri 4 gradi verrà ripercosso da B. Ma in questo abbiam veduto esserne sviluppari 8 in virtù del risalto. Dunque dopo la riazione gli resteranno altri 4 gradi di

moto sviluppati dalla elasticità, indipendentemente da' 12 comunicatiglisi da A: ond'è, che dopo l'urto si muoverà con 16 gradi di moto, che eccede 12 di 4 qual'è stato appunto il difetto di A, che nel rimbalzo ha comunicato soli 4 gradi di moto invece di 8.

330. Dalle quali cose è facile il dedurre, che qualora un corpo elastico venisse a comunicare il suo moto ad un altro di se maggiore, mercè l'interposizione di altri corpi, la cui massa fosse maggiore di mano in mano, risulterebbe in ciascuno di essi gradatamente un accrescimento di moto; talmentechè sarebbe nell'ultimo considerabilmente maggiore che nel primo, da cui si è comunicato. Coll'Analisi sublime poi si dimostra, che per ottenere nell'ultimo dei corpi elastici che compongono la detta serie, la massima velocità possibile, uopo è, che la massa dei corpi intermedj vada crescendo in *progressione geometrica*; cioè a dire, nella ragione di 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, ec. Quindi è, che supponendo una serie di cento palle elastiche, ciascuna delle quali sia il doppio della sua ptecedente; la quantità di moto, che si produrrebbe nell'ultima, sarebbe 467000000000 volte maggiore di quella della prima, che lo ha comunicato; siccome è stato dimostrato da Hugenio, e da Bernoulli.

LEGGE DEL CASO II.

331. Passiamo ora all'altra Legge, colla quale si stabilisce, che *se un corpo elastico in moto vada ad urtare un altro, che si muove più lentamente nella medesima direzione; seguito l'urto, proseguiranno a muoversi ambidue, permutando però a vicenda le loro quantità di moto, e le velocità.*

Tav. III. Fig. 21. 332. Laonde, movendosi il corpo A verso D con 6 gradi di moto; se mai venisse raggiunto, e percosso da B, il cui moto fosse di 12 gradi; dopo l'urto proseguirebbero tutti e due a muoversi verso D, ma con questo divario; cioè a dire, che A si muoverebbe con 12 gradi di moto, e B con 6. L'applicazione della Proposizione generale (§. 295) ce ne farà chiaramente intender la ragione. Se i detti corpi fossero uguali, supponghiamo di 4 libbre l'uno, e fos-

sero

sero molli; la somma dei loro moti, che è 18, si ripartirebbe ugualmente in ambidue dopo l' urto; sicchè sarebbe in ciascheduno di nove gradi: e poichè A ne possedeva già sei, uopo è dire, che B gliene abbia comunicato tre. Ora per esser eglino elastici, convien detrarne altri tre gradi da B, ed aggiugnerli ad A: sicchè a B ne resteranno soli 6, ed A ne avrà 12. Le stesse ragioni avrebbero luogo, se cotesti due corpi fossero disuguali.

LECGE DEL CASO III.

333. *Qualora due corpi elastici di ugual massa si urteranno scambievolmente in direzioni contrarie con uguali quantità di moto, ambidue rimbalzeranno all' indietro colle stesse quantità di moto, e colle medesime velocità, con cui si saranno incontrati.*

334. Impetciocchè, se fossero corpi molli, i loro moti si estinguerebbero nella compressione, e si porrebbero ambidue in riposo (§. 308). Ma essendo elastici, oltre al moto distrutto nell' atto della compressione, se ne sviluppa in ciascheduno una uguale quantità mercè del rimbalzo in direzione contraria (§. 322). Dunque saranno ambidue obbligati a ritornar indietro dopo l' urto cogli stessi moti, e colle stesse velocità, con cui si sono incontrati.

LEGGE DEL CASO IV.

335. Finalmente la Legge dell' ultimo caso si è, che *qualora due corpi elastici di ugual massa urtansi scambievolmente in direzioni contrarie, con disuguali quantità di moto, rimbalzano entrambi dopo l' urto, coi moti, e colle velocità permutate.*

336. Per la qual cosa le palle di avorio A, e B, ciascuna del peso di due libbre, urtandosi vicendevolmente in modo tale, che A urti B con 12 gradi di movimento, e B urti A con 9; seguita la percossa, saranno ambedue rispinte all' indietro; ma B con 12 gradi di moto, ed A con 9. Imperciocchè nel caso che fossero molli, abbiam veduto (§. 299), che i Tav. III. Fig. 18.

9 gradi di moto di B, ed altrettanti del moto di A si distruggerebbero nell'urto; e quindi si muoverebbero ambedue col residuo di A, ossia con 3 gradi di moto divisi ugualmente tra loro. Che però il moto comunicato a B satebbe di 10 gradi e mezzo; somma di 9. già distrutti, e di 1 $\frac{1}{2}$, con cui ella attualmente viene spinta dopo la percossa. Ma poichè questi corpi sono elastici, esser dovrebbe comunicata a B una quantità di moto doppia della quì mentovata; onde è, che converrebbe sottrarre altri 10 gradi e mezzo dal rimanente moto di A, ed aggiugnerli a B. Il moto rimasto in A non è che di un grado e mezzo: dunque aggiunto questo ai 10 e mezzo di B, ne verrà ella ad aver 12, con cui si muoverà nella direzione, che avea A prima dell'urto. Ad A intanto mancheranno 9 gradi di moto, siccome abbiam veduto, per uguagliare i 10 e mezzo, che avrebbe dovuto partecipare nel rimbalzo. Che però ritrovandosi ella in uno stato negativo, dovrà essere rispinta indietro con 9 gradi di moto, che si uguagliano appuntino al suo difetto.

337. Che se poi sì le masse, che i moti di coteste due palle saranno disuguali, *la maggiore si porrà in riposo dopo l'urto, e la minore sarà rimbalzata indietro colla differenza dei loro movimenti*. La palla A del peso di due libbre, urtando con 12 gradi di moto la palla B del peso di una libbra, che le viene incontro con 3 gradi di moto; se le medesime fossero molli, se ne distruggerebbero 3 gradi di A per controbilanciare i 3 contrarj di B; e il residuo, ossia la differenza 9, divisa in proporzione delle loro parti di materia, che sono 2, ed 1, farebbe muovere A con 6 gradi di moto, e B con 3, dopo l'urto. Sicchè il moto comunicato a B sarebbe di 6 gradi. Or attesa la loro elasticità, dovendosene sottrarre altri 6 da A, e comunicarsi a B; questa si muoverà con 12 gradi di moto nella direzione di A, ed A ne resterà del tutto priva, e conseguentemente si porrà in riposo.

Tav. III. Fig. 18.

338. Prima di lasciar questo soggetto vuolsi attentamente badare, che non essendoci in Natura, per quanto si sappia, corpi *perfettamente molli*, o *perfettamente elastici*; le anzidette leggi, che gli riguardano,

dano, si approssimano al vero, a proporzione che i corpi, con cui si pongono al cimento, si approssimano allo stato della perfetta mollezza, oppur della perfetta elasticità.

339. Gli esperimenti relativi ai corpi elastici sono i medesimi che pei corpi molli (§. 310), colla sola differenza, che si praticano con palle di avorio, invece di quelle di creta.

ARTICOLO V.

Dell' Urto obbliquo sì dei Corpi molli, che degli elastici.

340. Vuolsi avvertire, che i corpi, o molli, o elastici che sieno, possono urtarsi obbliquamente, invece di darsi un urto diretto, siccome abbiam supposto finora. *Urto obbliquo* dicesi quello, allorchè la linea di direzione, secondo cui i corpi si urtano, non passa pei centri di gravità dei corpi medesimi, a simiglianza dell'urto diretto. In tal caso non si percuotono essi che con una porzione della loro forza, la quale determinar si può molto agevolmente mercè la Risoluzione del moto, di cui si è già ragionato nel §. 282. Sia di fatti la palla A, che vada ad urtare un' altra B nella direzione obbliqua A E, la quale, siccome ognun vede, non passa pel centro di B. Risolvendo A E, che esprime nel tempo stesso la forza, e la direzione di A, nelle forze, e direzioni A C, e C E; si scorgerà ad evidenza, che la forza A C, per esser parallela alla linea orizzontale D F, non potrà in verun modo operare su di B. Sicchè ci resterà solo la forza C E, la cui direzione passando pel centro di B, l'andrà ad urtare, ed a rimuovere dal suo luogo; laddove nel caso, che l'urto fosse stato diretto, la sua forza sarebbe stata uguale ad A E. Dunque la forza dell'urto diretto è a quella dell'obbliquo, come A E a C E. Ma C E uguale ad A D, che è il seno dell'angolo d'inclinazione A E D; ed A E è uguale al raggio. Dunque, generalmente parlando, sarà vero, che l'urto diretto è all'obbliquo, come il raggio è al seno dell'angolo d'inclinazione, Tav. III. Fig. 24.

ossia

ossia di quell'angolo, che la direzione della forza totale forma coll'orizzonte. E poichè un tal seno A D si rende minore a proporzione che si diminuisce l'angolo A E D, sarà vero benanche generalmente, che la forza dell'urto obbliquo si scema a misura che l'angolo d'inclinazione si rende minore.

341. Per ritrovare poi le direzioni, e le velocità di A, e B, seguito che sia l'urto, convien far uso del seguente metodo. Nella linea orizzontale D E prolungata prendasi E F uguale ad A C, che è la velocità orizzontale rimasta intatta anche dopo l'urto. Indi, se A, e B, sono corpi elastici, ed uguali, tutto il moto di A, espresso da C E, sarà distrutto dopo l'urto; sicchè in tal caso il corpo A, ossia E, proseguirà a muoversi nella direzione, e colla velocità di E F; e B sarà spinto verso G con tutto il moto posseduto da A. Ma se per lo contrario questi due corpi fossero molli, ed uguali; A non comunicherebbe a B, se non se la metà del suo moto: cosicchè in tal caso B sarebbe spinto dopo l'urto nella direzione B G colla metà del moto C E; ed A, oltre al detto moto orizzontale E F, avrebbe ancora l'altra metà di C E. Per la qual cosa adattando all'estremità di E F la retta F H uguale alla metà di C E, si rileverebbe, che A proseguirebbe a muoversi nella direzione, e colla velocità di E H. Per vitrù dello stesso metodo possono determinarsi benanche tutti gli altri casi particolari.

342. Prima di terminar questo Articolo gioverà rapportare un'altra costruzione generale, la quale sarà parimente applicabile a varj casi particolari. Suppongasi, che le due palle A, e B vadansi ad urtare l'una coll'altra obbliquamente nelle direzioni A *a*, e B *b*: Affin di rintracciare qual debba esser la lor direzione, e velocità dopo l'urto, bisogna considerare prima di tutto, che la direzione A *a* può risolversi in A I, I *a*, non altrimenti che la direzione B *b* risolver si può in B K, K *b*. Per la qual cosa ai due punti *a*, *b*, si adattino le rette *a* G, *b* H, parallele, ed uguali ad A I, K B; e prolungate le rette I *a*, K *b*, verso E, ed F, talchè sieno loro uguali *a* E, *b* F; si compiscano i parallelogrammi C G *a* E, F *b* H D.

Tav. III. Fig. 25.

Le

Le due forze I *a*, K *b*, non hanno alcuna influenza nell' urto, per esser tra se parallele. Chè però le sole forze, che opereranno nella percossa, saranno le due rimanenti A I, e K B. Giunte dunque siffatte palle A, B, a contatto in *a*, e *b*, si urteranno scambievolmente colle forze G *a*, H *b* uguali ad A I, K B: e poichè posseggono esse nel tempo medesimo le forze impresse nelle direzioni *a* E, *b* F, uguali ad I *a*, K *b*, le quali, come si è detto, non operano nella percossa; dovrà necessariamente seguirne, che le dette palle rimbalzeranno dopo l' urto verso parti contrarie, e scorreranno le rispettive diagonali *a* C, *b* D, da cui verranno parimente espresse le rispettive loro velocità.

ARTICOLO VI.

Applicazione delle dichiarate dottrine ad alcuni fenomeni particolari.

343. Comechè le dottrine riguardanti la terza Legge del Moto, ed in conseguenza le dichiarate verità circa l' urto scambievole dei corpi, sembrino sterilissime a primo lancio, nulladimeno però riflettendoci alquanto seriamente, si troverà esser elleno applicabili a parecchi usi, e somministrarci dei lumi per la intelligenza di varj fenomeni. I Meccanici principalmente sanno benissimo, che tutte le Macchine, le quali pongonsi in azione per forza del vento, oppur di un volume di acqua corrente, ec. operano intieramente per lo stesso principio. Inoltre chi mai comprender potrebbe senza siffatti lumi, perchè un battello faccia un veloce cammino col solo urtar l' acqua coi suoi remi? Il Fisico illuminato all'opposto riflettendo, ch'essendo la riazione sempre uguale, e contraria all' azione, dee necessariamente seguirne, che con quanta forza i remi vanno ad urtar l' acqua per farla retrocedere, ossia per ispignerla verso la poppa, con altrettanta forza vengono essi rispinti da quella verso la prua, concepisce di leggieri, che per la sola virtù di siffatta riazione dell' acqua vengono i remi stessi rispinti innanzi unitamente al battello, di cui essi fan parte; e quindi che

il

il moto di questo riesce più veloce a proporzione che la pala dei remi è più larga; a misura che l'acqua vien da quella urtata con maggior forza, ed i remi sono più numerosi.

344. Lo stesso vuolsi intendere del nuotare, sì degli uomini, che dei pesci, e del volar degli uccelli: conciossiachè dai primi battesi l'acqua coi piedi, e colle mani, e dai secondi colle branche, e colla coda; dagli ultimi finalmente si batte l'aria con frequenza, e con forza; e quella riagendo colla forza medesima al par dell'acqua verso la parte contraria, fa sì, che gli uccelli sollevinsi in alto ad onta della propria loro gravità, prendendo poscia quel cammino, che loro aggrada; non altrimenti che gli uomini, ed i pesci veggonsi solcare l'infido elemento secondo quella direzione, che lor piace.

345. Osservate il rinculo di un Cannone nell'atto che scarica un tiro. Vi riuscirà impossibile di renderne la ragione, senza che possediate le divisate cognizioni. Or nell'istante, che si accende la polve dentro al Cannone, il fluido elastico, che riguardar si può giustamente a guisa di una molla, attesa la somma sua elasticità, spandesi con una forza così immensa, che a tenore degli esperimenti già praticati, la piccola quantità di esso imprigionata in un sol granello di polve, giunge ad occupare un volume per ben migliaja di volte maggiore di se stesso. Quest'impeto sì enorme del fluido anzidetto cerca di svilupparsi all'intorno contro tutte le pareti interne del Cannone, che lo circondano, e lo ritengono per così dire inceppato: ma poichè la naturale aderenza di coteste parti del Cannone è sì poderosa, che non può esser vinta dalla violenza della polve, l'azione della medesima si esercita efficacemente su due resistenze cedevoli, cioè a dir sulla palla, che può esser cacciata fuori, e sulla culatta del Cannone, che può retrocedere. Egli è poi molto naturale il concepire, che l'effetto dell'azion mentovata (supposte uguali tutte le circostanze) dovrà esser quello di comunicare uguali quantità di moto in direzioni affatto contrarie a coteste due resistenze; le cui masse essendo disuguali, dovrà necessariamente seguirne, che le velocità in direzioni opposte, originate in quel-

quelle, saranno in reciproca ragione delle loro masse; talmentechè la palla sarà spinta fnori del Cannone con una velocità tale, che sarà alla velocità, onde il Cannone verrà forzato a rinculare, come la massa del Cannone è alla massa della palla. Dal che ne avviene, che la palla descrive più centinaja di piedi nell' intervallo di un secondo, e 'l Cannone non si arretra che di pochi piedi: e poichè dovendosi imprimere la velocità in ragion reciproca delle masse, il pezzo di Artiglieria aver dee velocità maggiore a misura che v'ha in esso minor quantità di materia; non si durerà fatica a concepir la ragione, onde avviene, che i Cannoni di lieve peso, ed anche le canne leggiere di fucile, rinculano più sensibilmente di quel che facciano altre, che sono più pesanti.

346. Quindi, se si prescindesse dagli effetti di qualunque resistenza, essendo già nota la velocità della palla, non che la sua massa, e quella del pezzo d'Artiglieria, potrebbesi agevolmente determinare il rinculo di quest'ultimo; e così a vicenda. Conciossiachè, se facciasi la proporzione, e si dica: come la massa del Cannone sta alla massa della palla, così la velocità di questa sarà alla velocità di quello; il quarto proporzionale esprimerà la velocità richiesta. Così, supponendo, che il peso della palla sia di 24 libbre; quello del Cannone di 6400; la velocità della palla di 600 piedi nel primo secondo: istituendo la Regola del tre, e dicendo, come 6400 è a 24, così 600 è al quarto proporzionale; si troverà, che la velocità del rinculo del Cannone sarà di due piedi e mezzo.

347. Parecchi Scrittori han creduto, che il Cannone si arretra nell'atto del tiro per forza dell'aria, la quale entrando con sommo impeto dentro di quello, dopo seguita l'esplosione, l'obbliga conseguentemente a dare indietro. Il fatto si è, che il Cannone si arretra nell'atto medesimo, in cui siegue l'esplosione, ed in conseguenza in tempo, che l'aria interna rarefatta, e 'l vapore elastico sviluppato dalla polve, sforzansi col loro elatere ad impedire, che s'interni entro al Cannone qualunque volume di aria esteriore.

348. L'ordinario fenomeno dei *Razzi volanti* non differisce da quello del Cannone. La polve, ch'entro

al

al Razzo si contiene, tostochè sviluppa la sua forza, opera nel tempo stesso e contro il fondo superiore del tubo del Razzo, che solleva in alto, e contro la massa di aria esterna adjacente al fondo inferiore dello stesso tubo, per cui si estrinseca l'effetto della polvere infiammata. Cotesta massa d'aria, ch'è al di sotto, riguardar si dee come la palla, e 'l fondo superiore del Razzo come la culatta del Cannone. E poichè la polve contenuta nei Razzi non si accende tutta in un colpo, come siegue a un dipresso in un pezzo di Artiglieria, può ella considerarsi come ripartita in tanti strati, durante l'accensione dei quali si rinnova successivamente in piccolo quel che abbiam detto seguir nel Cannone nell'atto dell'esplosione; ond'è, che il Razzo vien forzato a sollevarsi in alto, durante il mentovato tempo, superando mercè l'impeto violento generato dalla polve, la picciola resistenza dell'aria, cui gli conviene attraversare.

349. Coll'applicazione dello stesso principio si può render ragione agevolmente di altri fenomeni di tal natura, ugualmente curiosi, che interessanti.

ARTICOLO VII.

Del Movimento riflesso.

350. Può avvenire talvolta, che un corpo elastico in moto vada a percuotere contro di un ostacolo invincibile, similmente elastico, oppur duro; qual sarebbe il caso di una palla di avorio, che fosse lanciata con forza su di un piano di marmo, su di una lamina di acciajo, ovvero di altra simile materia del tutto immobile. In tal caso verrebbe egli rimbalzato all'indietro; e la sua direzione, sì nel cadere, che nel risalire, formerebbe due angoli col piano, su cui cadrebbe. Così la palla A spinta contro il piano K L M N nella direzione A B, vien rimbalzata per B C; e forma scendendo l'angolo A B H col divisato piano, siccome nel risalire forma l'angolo C B I. Il primo si denomina *Angolo d'incidenza*, e 'l secondo dicesi *Angolo di riflessione*.

Tav. III. Fig. 26.

351. Ciò premesso, vuolsi tener per indubitato, *che*

che un corpo elastico, essendo lanciato su di un piano perfettamente elastico, ne vien rimbalzato; e forma nel risalire l' angolo di riflessione uguale a quello di incidenza. Or due sono i casi, che avvenir possono relativamente a questo punto; potendo il corpo elastico essere spinto contro del supposto piano, o in una direzione esattamente perpendicolare al piano medesimo, o in direzione obbliqua, sia qualunque l' angolo di siffatta obbliquità. Per comprovare adunque la riferita proposizione, ragion vuole, che si esaminino separatamente cotesti due casi.

352. Per ciò, che riguarda il primo, immaginiamoci la palla F perfettamente elastica lanciata contro il piano similmente elastico K L M N, nella direzione F B verticale al piano stesso. Egli è manifesto, che giunta ella al punto B, ed incontrando la resistenza del piano, dovrà la sua superficie necessariamente schiacciarsi (§. 322): e poichè la sua materia è elastica, seguita che sia la compressione, ritornerà ella di bel nuovo nello stato primiero in forza della sua elasticità; e quindi ne sarà rimbalzata all' indietro. Or poichè siffatta palla, essendo lanciata contro il piano, non ha che un semplice moto perpendicolare da su in giù; e d' altronde il rimbalzo si fa esattamente verso la parte contraria a quella, secondo cui è seguita la compressione (§. 322); essendosi questa fatta in direzione esattamente verticale, a tenor della nostra ipotesi; forza è, che la palla F rimbalzata risalga esattamente per la medesima retta B F, per cui è discesa. Ma una retta perpendicolare ad un piano, forma angoli retti dall' una, e dall' altra parte, e per conseguenza uguali. Egli è dunque dimostrato, che l' angolo, per cui cotesta palla risale, è perfettamente uguale a quello, per cui discende; e quindi che l' angolo di riflessione si uguaglia a quello d' incidenza. Tav. III. Fig. 26.

353. Ognun concepisce, che la situazione del piano è per ciò del tutto indifferente; potendo esser verticale, orizzontale, o obbliqua. Quel che assolutamente si richiede, si è, che la direzione, in cui la palla è lanciata contro di esso, sia esattamente perpendicolare alla direzione del piano medesimo. E se per avventu-

ra

ra la superficie di questo fosse curva, la direzione, in cui è spinta la palla, uopo è, che sia perpendicolare alla tangente, che si concepirà tirata a quel punto, che viene urtato dalla palla, qual'è, per esempio, EK nella qui annessa Figura.

Tav. III. Fig. 17.

354. Che se poi la direzione della palla fosse obbliqua rispettivamente al piano, come avverrebbe spignendo la palla A contro il detto piano K L M N nella direzione A B; in tal caso l'angolo di riflessione sarebbe parimente uguale a quello d'incidenza; e la velocità, onde risalirebbe uguaglierebbe quella della discesa: ma per rimanerne convinto, bisogna far uso dei lumi acquistati in virtù delle antecedenti Lezioni. La forza A B, onde la palla A è lanciata contro KLMN, può riguardarsi come composta delle due altre A H, A E (§. 282); l'ultima delle quali, cioè a dire A E, essendo parallela al piano K L M N, non opera contro di quello nell'atto della percossa. Per la qual cosa giunta la palla in B, e percuotendo il piano colla sola forza A H, ossia E B, in direzion verticale, per la ragione antecedentemente esposta (§. 352), si sforza di risalire per la stessa retta B E. Ma poichè nell'atto medesimo, che ella vien forzata a risalire per BE, vien obbligata benanche a seguire la direzione B I parallela al piano, la quale, siccome si è detto, rimane intatta nella percossa; per le leggi già dichiarate (§. 267) correrà per un sentiere, che si troverà nel mezzo di cosiffatte direzioni. Determiniamolo dunque col metodo altrove insegnato (§. 279). Prendasi BE uguale, e parallela ad A H, ch'è la direzione, e la velocità verticale; e B I uguale, e parallela ad A E, ch'è la direzione, e la velocirà orizzontale; e compiuto poscia il parallelogramo B E C I, la sua diagonale B C esprimerà la direzione, e la velocità della palla A dopo l'urto. Ciò posto, se dimostreremo, che l'angolo C B I uguaglia l'angolo A B H, resterà conseguentemente provato, che l'angolo di riflessione è uguale a quello d'incidenza.

Tav. III. Fig. 27.

355. Essendo per la costruzione le rette A H, C I parallele, ed uguali; e le rette H B, B I, uguagliandosi anche tra loro, siccome si uguagliano i due angoli AHB, B I C, per essere retti; i due triangoli HAB,

HAB, BCI, saranno tra se uguali, e quindi l'angolo ABH uguaglierà l'angolo CBI, siccome si è proposto.

356. Dalle cose fin quì dette si rileva, che qualora un corpo elastico vien lanciato perpendicolarmente su di un piano della stessa natura, risale esattamente per la stessa retta, per cui è disceso. Imperciocchè altrimenti non formerebbe l'angolo di riflessione uguale a quello d'incidenza.

357. Vuolsi quì avvertire però, che le leggi dichiarate in questo Articolo non si osservano perfettamente in Natura, se non se dalla luce, e ciò per cagione della perfetta sua elasticità, e sottigliezza, la quale fa sì, che non solamente la sua gravità sia infinitamente picciola, ma che le sue parti trovino soventi volte pressocchè libero il cammino. Quindi è, che le leggi medesime riguardar si sogliono come il fondamento di tutta la Catottrica, siccome in appresso dimostreremo. Tutti gli altri corpi ne deviano più, o meno, a misura che sono più, o meno pesanti, più, o meno elastici, ed in proporzione che i mezzi, cui son costretti ad attraversare, resistono più, o meno al loro movimento. Che però le leggi già esposte suppongono che i corpi lanciati contro il piano sieno affatto privi di gravità, perfettamente elastici, e si muovano in un mezzo non resistente. Non per questo però non si fa di esse un uso grandissimo da' Fisici in parecchie occorrenze. Conciossiacchè, potendosi le anzidette cagioni disturbatrici ridurre a calcolo a un presso a poco, si può in qualche modo tener conto di esse, e quindi determinare, quali dovranno essere i risultati.

358. Tutte le dichiarate leggi intorno al moto riflesso confermar si possono per via di esperimenti coll'ajuto della Macchina rappresentata dalla Figura 28. ABCD è un piano perfettamente orizzontale, su cui è collocato un pezzo di marmo levigatissimo *abcd*, il quale per altro essendo guernito di una cerniera lungo il suo lato *ab*, può agevolmente sollevarsi lungo il lembo dell'arco graduato CI, e quindi adattarsi a qualunque angolo d'inclinazione, mercè della vite V, che ve lo ferma. Se rimanendo il piano di marmo *abcd* in sito perfettamente orizzontale, gli si lasci Tav. IV. Fig. 28.

cader su perpendicolarmente una palla di avorio, che si faccia passare a traverso di un tubo mettalico adattato in E, siffatta palla si vedrà risalire dopo la percossa per la stessa retta FE, per cui è discesa, quantunque non rimonterà alla stessa altezza, per mancanza di perfetta elasticità, e per cagione della resistenza dell'aria. All'opposto, sollevando il detto piano alquanto in alto, per cagion d'esempio in *b* V, sicchè possa fare coll'orizzonte un angolo qualunque, suppongasi di 5 gradi; la palla fatta scendere pel tubo E, non lo potrà percuotere, se non se obbliquamente; e l'angolo di obbliquità, ossia d'incidenza, sarà misurato sull'arco IC. Sicchè, se immaginaremo quest'angolo rappresentato da EFH, si vedrà coll'esperienza, che la detta palla rimbalzerà dal piano per la retta FR; talmentechè formando l'angolo di riflessione EFR uguale a quello d'indicenza EFH, andrà a riposarsi nel cassettino ST, destinato a bella posta in quel tal sito, per poterla ricevere per entro all'apertura *m n*, la cui altezza adegua il diametro della palla.

359. I Giuocatori di Bigliardo pongono tutto lo studio nel praticare queste tali massime, senza che le sappiano forse per teoria; ed una delle loro bravure consiste nel far sì, che essendo da essi spinta una palla contro la sponda del Tavoliere, ch'è il piano riflettente, vi sia spinta in tal direzione, che possa fare un angolo d'incidenza di tal misura, che rimbalzata poi per un angolo di riflessione uguale al primo, vada a percuotere l'altra palla nel modo, che si richiede.

ARTICOLO VIII.

Del Movimento rifratto.

360. Si è ragionato nell'articolo V della Lezione II. delle leggi, a cui è soggetta la resisrenza, che i corpi incontrano, qualora vengon forzati ad attraversare fluidi, o della medesima, o di diversa densità. Quì poi uopo è, che esaminiamo, quali sieno le leggi a cui soggiace il cambiamento di direzione, che

cor-

corpi soffrono nel muoversi a traverso dei detti fluidi. Due possono essere i casi su questo proposito, a similianza di ciò, che si è detto della riflessione. Imperciocchè può un mobile cadere dentro di un fluido in direzione perpendicolare, oppure obbliquamente. Nel primo caso l'esperienza ci fa vedere, che la sua direzione non si altera affatto, ma che il suo moto soltanto soffre del ritardo, giusta le leggi esposte nell' Articolo sopraccitato. Ce ne somministra una luminosa pruova il seguente esperimento. Pongasi un picciolo strato orizzontale di terra molle nel fondo del vaso A, e messo siffatto vaso orizzontalmente su del sostegno BCHI; facciasi cadere su del detto strato una palla di qualunque materia, supponiam di merallo, per entro al tubo D, collocato in situazion verticale nel mezzo dei due sostegni E, ed F. Giunta che sarà la palla nel fondo del vaso, formerà una cavità nell' argilla in forza dell' urto. Ciò fatto, empiasi il detto vaso di acqua: indi facendosi cader di bel nuovo la palla, come si è praticato dianzi, si vedrà, che procedendo ella addirittura sino al fondo dell' acqua, si andrà a riporre nuovamente nella cavità divisata. Dal che si scorge ad evidenza non aver ella sofferto il menomo cangiamento nella sua direzione. Tav. IV. Fig. 29.

361. Nel caso poi, che la direzione, in cui il mobile è spinto dentro il fluido, sia obbliqua; qual sarebbe quella della palla A, lanciata nel fluido DE nella direzione AB; cotesta direzione si altera infallibilmente; ed invece di esser continuata in BG, viene a spezzarsi nel punto B, d'onde poi prosiegue in altra direzione diversa, come sarebbe B*f*, o altra simigliante. Questo cangiamento nella direzione del moto, è ciò, che dicesi *Moto rifratto*; e le sue leggi sono diverse a tenore della differente natura dei mezzi. L'entrare un poco nell'esame di questa proposizione ci farà tosto venire in chiaro della sua veracità in tutta la sua estensione. Tav. IV Fig. 30.

362. Il mezzo, nel quale il mobile vien lanciato, esser può più, o meno denso di quello, ove egli preventivamente si ritrova; e quindi più, o meno resistente: per esempio, può egli passare dall'aria nell'acqua, oppur da questa in quella; dall'acqua entro

al mercurio, e dal mercurio entro l'acqua. Ogni volta che il passaggio si fa dal mezzo più raro nel più denso, come dall'aria nell'acqua, la legge, che veggiamo costantemente osservata si è, che *il moto si rifrange; e il mobile prosiegue a muoversi in una direzione tale, che paragonata a quella, cui avrebbe dovuto seguire giusta il moto primitivo, è più discosta dalla perpendicolare alla superficie del fluido: la qual perpendicolare intendesi tirata pel punto, per cui il detto mobile incomincia ad internarsi nel fluido stesso*. Così la palla A, che supponiamo spinta obbliquamente dall'aria nell'acqua, giunta in B, in vece di continuare il suo moto per B G, s'incammina per B *f*; la quale ognun vede esser più lontana dalla perpendicolare B C di quel che sarebbe stata la direzion primitiva B G: e la ragione n'è chiara. Il moto di A lanciata per A B, può risolversi nei due moti A H, ed A E; di cui uno è orizzontale, e l'altro verticale. Per la qual cosa, giunta ella in B, nell'atto che il movimento verticale incomincia ad esser rallentato in virtù della resistenza del fluido, l'orizzontale non soffre verun ritardo, per esser parallelo alla superficie del fluido stesso, in cui non ancora il mobile è immerso. Che però ecco subito cambiati i rapporti di questi due moti, ed in conseguenza cangiato il parallelogrammo, che essi rappresentavano, e la sua diagonale. Sicchè, se fuori del fluido il rapporto delle mentovate due forze veniva indicato da *a* B, e B *c*; la diagonale, e conseguentemente la direzione del mobile, sarebbe stata B *d*: ma tostochè un tal rapporto si altera; e B *c* per la ragione allegata divien minore di B *a*, talchè sia, per esempio, B *o*; la diagonale si cambia similmente in B *f*; la quale facendo un angolo con B A, fa sì, che il movimento debbasi riputare rifratto, e che la nuova direzione di esso si discosti dalla perpendicolare. E poichè l'angolo di rifrazione *f* B C è maggiore di quello d'incidenza A B E, sarà generalmente vero, che passando un mobile da un mezzo raro in un più denso, l'angolo di rifrazione supera quello d'incidenza.

Tav. IV. Fig. 30.

363. Tutto il contrario addiviene passando il mobile

bile da un mezzo denso in uno più raro, come sarebbe dall'acqua nell'aria. Imperciocchè in tal caso, quantunque il moto pur si rifranga, tuttavolta siffatta rifrazione si fa con tal legge, che la *nuova direzione, paragonata a quella, cui il mobile avrebbe dovuto seguire giusta il moto primitivo, è più prossima alla perpendicolare già divisata.*

364. Ognun concepisce dover ciò avvenire per una ragione affatto contraria a quella, che si è allegata per ispiegare il caso antecedente. E che sia così; il mobile A il quale avendo attraversata una massa di acqua BCRF, giugne finalmente ad incontrare l'aria; arrivato che sia nel punto D, il moto orizzontale DF rimane illeso, per essere il corpo ancora immerso nell'acqua; laddove il moto verticale, che nell'acqua era come DG, incominciando ad incontrare minor resistenza, tostochè il mobile incomincia ad uscir nell'aria, si accresce un tal poco, e fassi, per esempio, uguale a DI. Quindi è, che se dentro l'acqua, ove il rapporto delle forze veniva rappresentato da FD, DG, la diagonale, ossia il sentiere del mobile, era AE; fuori di quello sarà DH, per cagione di essersi cambiata DG in DI; ed ognun vede, che DH è più prossima alla perpendicolare KI di quel che la era DE. E poichè l'angolo di rifrazione GDH è minore dell'angolo GDE, a cui si uguaglia l'angolo d'incidenza ADR; sarà generalmente vero, che passando un mobile da un mezzo denso in uno, che è meno resistente, l'angolo di rifrazione è minore di quello d'incidenza. Tav. IV. Fig. 31.

365. L'esperienza vien francamente in conferma di questa teoria, la quale, a dir vero, altro non è, se non se un principio dedotto dall'esperienza medesima. Prendasi una gran vasca di legno rappresentata da ABCD, ed empiutala di acqua, si diriga la canna di fucile KI, caricata, ed inclinata siccome conviene, ad un punto dentro di quella, che supporremo esser H. Disposte le cose in tal modo, se darassi fuoco alla polve, la palla attraverserà l'acqua della vasca; ma invece di andar a ferire il punto H, a cui era diretta, andrà a fare un foro in E, correndo il sentiere GE; il quale è manifesto esser più Tav. IV. Fig. 32.

lon-

lontano di G H dalla perpendicolare prolungata dal punto G sino al fondo del vaso.

366. Le fin quì dichiarate leggi del moto rifratto, che veggiamo dalla luce molto esattamente osservate, sebbene in parte contraria, costituiscono il fondamento della Diottrica, di cui si ragionerà nel progresso di questa opera, ove siffatte cose saranno messe in un lume maggiore, ed applicate nel tempo stesso a varj casi particolari, talmentechè se ne conoscerà manifestamente tutta l'importanza.

Fine del Tomo primo.

IN-

INDICE

Delle Lezioni, e degli Articoli contenuti in questo Volume.

PREFAZIONE. pag. v
AVVERTIMENTO *per questa nuova Edizione.* viii
LEZIONE I. *Sulla materia in generale* 1
ARTICOLO I. *Dell' Esistenza, della Natura, e delle Proprietà della Materia* ivi
ARTICOLO II. *Dell' Estensione, e quindi della Divisibilità della Materia in un prodigioso numero di parti; e della natura delle medesime, considerate come elementi dei corpi* 3
ARTITOLO III. *Della porosità dei corpi, e quindi della loro densità* 16
ARTICOLO IV. *Dello spazio vuoto* 25
ARTICOLO V. *Della Forza d' Inerzia* 29
ARTICOLO VI. *Della Forza di Attrazione, e di Ripulsione* 30
ARTICOLO VII. *Della Forza di Gravità e delle sue Leggi* 44
LEZIONE II. *Sul Moto* 55
ARTICOLO I. *Del Movimento in generale, e delle sue diverse specie* ivi
ARTICOLO II. *Del Moto equabile, ossia uniforme* 60
ARTICOLO III. *Delle Forze motrici, e della maniera di misurarle* 62
ARTICOLO IV. *Della quantità del Moto* 69
ARTICOLO V. *Degli Ostacoli che si presentano al Moto* 73
LEZIONE III. *Delle Leggi del Moto, e di alcune Teorie immediatamente connesse con quelle* 79
ARTICOLO I. *Della prima Legge del Moto, e quindi delle Forze centrali* ivi
ARTICOLO II. *Breve Saggio di Cosmografia* 88
ARTICOLO III. *Dei Pianeti in particolare, della loro Natura, Grandezza, e Distanza dalla Terra, e dei loro Moti periodici* 99

AR-

ARTICOLO IV. *Breve saggio della Sfera, ossia dei varj Cerchj, in cui si suppone divisa la Terra* 122
ARTICOLO V. *Spiegazione dei principali Fenomeni celesti secondo il sistema Copernicano* 134
LEZIONE IV. *Dell'Applicazione delle Forze centrali, moto dei Corpi celesti, e quindi del Flusso, e Riflusso del Mare* 144
ARTICOLO I. *Delle Teorie delle Forze centrali, rapportate ai Corpi celesti* ivi
ARTICOLO II. *Del Flusso, e Riflusso del Mare* 153
LEZIONE V. *Continuazione delle Leggi del Moto* 167
ARTICOLO I. *Della seconda Legge del Moto; e quindi del Movimento composto uniforme, ossia rettilineo* ivi
ARTICOLO II. *Della Risoluzione del Moto* 174
ARTICOLO III. *Del Moto composto variabile, ossia curvilineo in generale* 176
ARTICOLO IV. *Della terza Legge del Moto* 180
LEZIONE VI. *Della Dinamica* 183
ARTICOLO I. *Delle Leggi generali, che si osservano nell' urto dei Corpi molli* 183
ARTICOLO II. *Della comune Velocità dei Corpi molli dopo l'urto* 187
ARTICOLO III. *Della Quantità di moto, che i Corpi molli si comunicano nell' urto* 190
ARTICOLO IV. *Dell'Urto dei Corpi elastici* 193
ARTICOLO V. *Dell'Urto obbliquo sì dei Corpi molli, che degli elastici* 201
ARTICOLO VI. *Applicazione delle dichiarate dottrine ad alcuni fenomeni particolari* 203
ARTICOLO VII. *Del Movimento riflesso* 206
ARTICOLO VIII. *Del Movimento rifratto* 210

Fine dell' Indice del Tome primo.

52989

TAVOLA I.

Fig. 1.

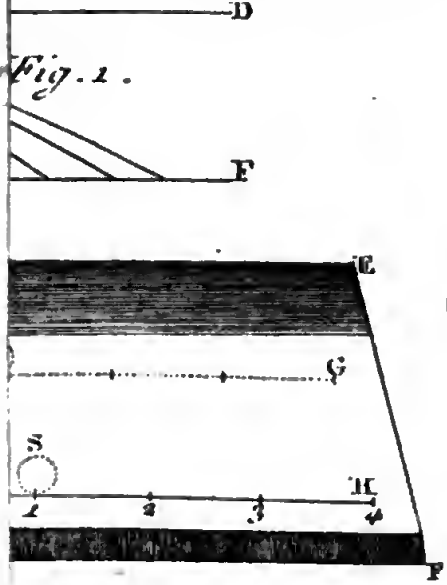


Fig. 2.

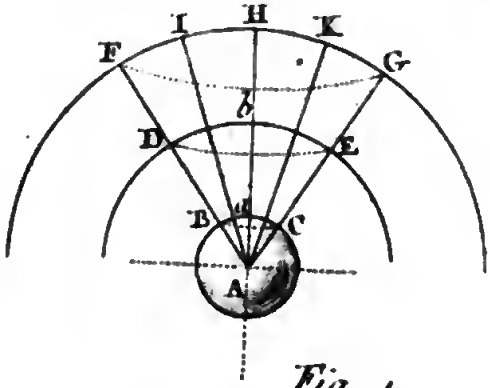
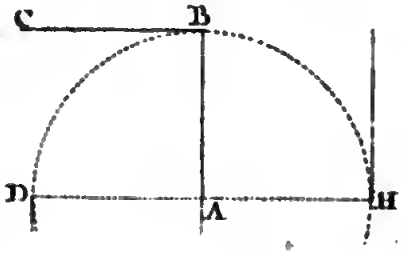


Fig. 4.



Digitized by Google